



L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO: † A. BARBAGELATA - † A. DALLA VERDE - M. SEMENZA - G. SOMEDA
DIREZIONE: DIRETTORE: A. BARBAGELATA - CONDIRETTORE E REDATTORE CAPO: R. SAN NICOLÒ
COMITATO DI REDAZIONE: A. M. ANGELINI - F. BAROZZI - E. GATTI - R. SARTORI - G. SILVA
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A.E.I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 794-794 e 798-897 - C/C POSTALE 3/1189
È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI. - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI. - GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A.E.I. - I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO.
AI SOCI DELL'A.E.I. UN ABBONAMENTO GRATIS. - SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE: GRUPPO 3°. - PUBBLICAZIONE MENSILE

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:

I trasformatori di misura per corrente continua (G. SAVASTANO)	Pag. 630
Verifica del comportamento dinamico dei trasformatori in condizioni di corto circuito a tensione nominale (A. CINIERO) »	643
Un nuovo contenitore magnetico per particelle cariche: il rotatrone (G. SACERDOTI)	» 654

Rubriche varie:

Lettere alla Redazione	Pag. 659
Domande e Risposte	» 661
Notizie e Informazioni	» 662
La Nostra Industria	» 671
Libri e Pubblicazioni	» 674

Notizie dell'Associazione:

Notizie delle Sezioni: Sottosezione di Ferrara - Sezione di Napoli	» 676
Comitato Elettrotecnico Italiano	» 676

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari	Pag. 113D
---------------------------	-----------

La LXI Riunione annuale

Questo numero del giornale va in macchina mentre si apre la Riunione di Ancona-Senigaglia. Non ci è quindi possibile ancora dare notizia dello svolgimento di essa.

Rileviamo tuttavia con compiacimento che anche il congresso di quest'anno si apre sotto i migliori auspici. Tutte le 118 Memorie presentate sui due temi hanno potuto essere tempestivamente distribuite ai congressisti. Il numero degli iscritti, che va aumentando di giorno in giorno, è molto soddisfacente.

È facile quindi presumere che anche la LXI Riunione annuale avrà pieno successo.

Domande e risposte

Nel numero 3 del giornale di quest'anno abbiamo riaperto questa rubrica che riteniamo potrebbe riuscire molto interessante se convenientemente alimentata. Il risultato finora raggiunto lascia un poco perplessi. Numerose sono state le risposte giunte alla Redazione per le due domande allora pubblicate e ciò dimostra l'interessamento dei lettori, cosa di cui non possiamo non compiacerci. Ma d'altra parte pochissime, e non tutte opportune, sono state le nuove domande pervenute: e ciò fa temere sulla possibilità di mantenere la rubrica, la quale evidentemente non può essere alimentata che dai lettori stessi. Rivolgiamo perciò nuovamente un invito a presentare quesiti di carattere teorico o problemi di carattere pratico da sottoporre alla genialità e alla competenza dei colleghi. La rubrica se efficacemente nutrita, può riuscire, oltretutto interessante, veramente utile.

Nel numero odierno pubblichiamo intanto alcune delle migliori risposte pervenute.

Trasformatori di misura per corrente continua

Il termine di trasformatore per corrente continua che avrebbe scandalizzato un elettrotecnico di qualche decennio addietro, è ormai entrato comunemente nella tecnica per designare una categoria di apparecchi derivati dalle reattanze saturabili.

Questi dispositivi sono stati fatti oggetto di una abbondante bibliografia tecnica ma la trattazione della loro teoria è stata svolta per lo più con l'uso di semplificazioni e schematizzazioni un poco eccessive. G. SAVASTANO riprende oggi l'argomento in un ampio lavoro, in parte teorico, in parte sperimentale e in parte applicativo, dandone così un quadro organico e completo. La trattazione si presenta più aderente alla realtà ed è con-

fortata da risultati di calcolo ottenuti con un analizzatore differenziale elettronico. L'A. presenta anche alcuni nuovi schemi di inserzione che si presentano particolarmente opportuni per misure di potenza e di energia in circuiti a corrente continua.

Trasformatori e corti circuiti

La determinazione degli sforzi elettrodinamici nei trasformatori presenta notoriamente gravi difficoltà per i progettisti ed è uno degli elementi più importanti per il progetto costruttivo. I calcoli, per ottenere approssimazioni soddisfacenti, sono molto laboriosi e d'altra parte piccole asimmetrie costruttive imprevedibili possono dare origine a considerevoli sforzi.

Si presenta perciò di grande interesse la possibilità, oggi illustrata da A. CINIERO, di controllare i risultati dei calcoli mediante rilievi diretti del flusso radiale i quali consentono di valutare gli sforzi in base a elementi determinati sul trasformatore finito nonchè di verificare, in sede di prova, se si siano verificati spostamenti delle bobine, senza dover estrarre l'avvolgimento dal cassone.

Il contenimento del plasma

È noto come uno dei problemi fondamentali che preoccupa i tecnici per la realizzazione di dispositivi di produzione di energia mediante fusione è quello del contenimento di un plasma ad altissima temperatura. Numerosi dispositivi sono stati proposti e oggi G. SACERDOTI ne propone uno nuovo di cui espone la teoria e illustra la costituzione.

Comitato Elettrotecnico Italiano

Non passa quasi numero del giornale senza che abbiamo a dare notizia di nuovi frutti dell'attività del CEI, grazie alla preziosa collaborazione di tanti benemeriti colleghi che vi dedicano con entusiasmo e sacrificio la loro attività.

Proprio in questi giorni sono stati messi in circolazione per la inchiesta pubblica due nuovi Progetti di norme riguardanti rispettivamente gli impianti elettrici nei locali di pubblico spettacolo all'aperto e gli oli lubrificanti delle turbine idrauliche di centrali idroelettriche; di essi pubblichiamo più avanti le relative Note illustrative. Segnaliamo anche una variante alle norme per conduttori di alluminio e affini per linee di trasporto di energia, la quale viene pure sottoposta all'inchiesta pubblica.

LA REDAZIONE

I TRASFORMATORI DI MISURA PER CORRENTE CONTINUA

G. SAVASTANO (*)

(Conferenza tenuta presso la Sede di Napoli dell'AEI il 24 aprile 1959)

Premessi brevi cenni sul principio di funzionamento delle reattanze saturabili e delle loro principali applicazioni, viene impostato in modo del tutto generale il problema della sovrapposizione di magnetizzazione continua a quella alternata e si pongono in evidenza le principali difficoltà incontrate nella sua risoluzione.

Dopo aver riportato i risultati di alcune trattazioni analitiche approssimate ed averne posto in evidenza i limiti di validità, si esaminano le soluzioni numeriche ottenute con un calcolatore elettronico che consente di adottare una rappresentazione della caratteristica magnetica più aderente al fenomeno fisico e di conseguenza di determinare con notevole precisione le caratteristiche delle reattanze saturabili impiegate come trasformatori di misura per corrente continua.

Si conclude auspicando una normalizzazione della terminologia nonchè la suddivisione in classi di tali trasformatori in vista della loro diffusione e quindi della necessità di rendere possibile la intercambiabilità, attualmente non esistente, tra i prodotti delle varie Case costruttrici.

I. - INTRODUZIONE.

L'impiego delle reattanze saturabili e degli amplificatori magnetici è divenuto ormai di uso così comune che esiste una vastissima bibliografia sia sulle diverse applicazioni che sui criteri di proporzionamento [1, 2, 3, 4]. Com'è noto, il principio di funzionamento consiste nel variare l'impedenza offerta da un avvolgimento, detto di « uscita », mediante la magnetizzazione con corrente continua del nucleo ferromagnetico su cui esso è disposto, ottenuta da un secondo avvolgimento detto di « comando »; onde compensare le armoniche di ordine dispari delle forze elettromotrici indotte nel circuito di corrente continua, occorre impiegare almeno due nuclei e collegare opportunamente gli avvolgimenti tra di loro. In fig. 1 è riportato lo schema di una reattanza saturabile con gli avvolgimenti di uscita disposti in serie concordante e quelli di comando disposti in serie discordante: per maggiore generalità il circuito di comando si è supposto alimentato da un generatore di tensione continua V_{cm} e da un generatore di tensione alternata v_c : ciò si verifica in pratica qualora la tensione di comando sia ad es. fornita dalla rete alternata mediante un raddrizzatore, nel qual caso è presente una componente alternativa sovrapposta a quella continua. In serie al circuito di uscita è disposta la impedenza di carico Z_a in cui si intendono conglobate la resistenza e la reattanza di dispersione degli avvolgimenti di uscita nonchè del generatore di tensione v_a ; analogamente in serie al circuito di comando è disposta la impedenza Z_c anche essa comprensiva della resistenza e reattanza di dispersione degli avvolgimenti nonchè del generatore di tensione ($V_{cm} + v_c$).

Con lo schema indicato in fig. 1 non è però possibile compensare le armoniche pari delle f.e.m. indotte nel cir-

cuito di comando per effetto della magnetizzazione dissimmetrica di ciascun nucleo: secondo che si abbia o meno una apprezzabile circolazione di armoniche pari di corrente nel circuito di comando, le reattanze saturabili vengono rispettivamente denominate « a magnetizzazione libera » e « a magnetizzazione forzata ». Pur essendo sostanzialmente diverso nei due casi il comportamento del circuito sia in regime transitorio che in quello permanente, qualora si scelgano opportunamente il valore della tensione alternata di alimentazione e le caratteristiche del materiale ferromagnetico costituente i nuclei, si ottiene sempre un'ampia zona di proporzionalità tra corrente di comando e corrente di uscita ed inoltre questa ultima risulta praticamente indipendente dalle variazioni della tensione e della frequenza della rete alternata di alimentazione. Da ciò deriva l'impiego delle reattanze saturabili come « trasformatori di misura per correnti continue ».

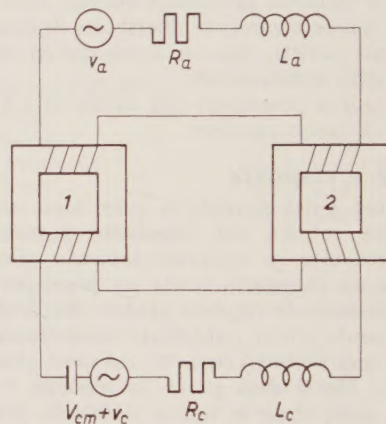


Fig. 1. — Schema elettrico di una reattanza saturabile con avvolgimenti di uscita disposti in serie.

Attualmente stanno avendo notevole diffusione dispositivi di misura di energia in reti a corrente continua impieganti reattanze saturabili sia per la misura della corrente che per quella della tensione [5]: in tal caso la « curva di risposta », comunemente intesa come relazione che lega il valore medio della corrente di uscita alla corrente di comando, non è più sufficiente a definire il comportamento delle reattanze saturabili in quanto occorre anche portare in conto che al variare della corrente di comando si ha una variazione della forma d'onda della corrente di uscita nonchè una variazione dell'angolo di fase delle singole armoniche rispetto alla tensione di alimentazione. L'A., che per primo si è trovato ad affrontare tale problema, ritiene indispensabile una più completa definizione delle caratteristiche di uscita delle reattanze saturabili e propone la seguente:

a) « caratteristica media » intesa come relazione tra

(*) Prof. ing. GIORGIO SAVASTANO, dell'Istituto Elettrotecnico dell'Università di Napoli.

la corrente di comando ed il valore medio della corrente di uscita;

b) « caratteristica efficace » intesa come relazione tra la corrente di comando e il valore efficace della corrente di uscita;

c) « caratteristica di ampiezza » intesa come relazione tra la corrente di comando e l'ampiezza I_{a1M} dell'armonica fondamentale della corrente di uscita;

d) « caratteristica di fase » intesa come relazione tra la corrente di comando e l'angolo di fase α_1 dell'armonica fondamentale della corrente di uscita rispetto alla tensione di alimentazione;

e) « caratteristica totale » intesa come relazione che lega la corrente di comando e il prodotto $I_{a1M} \sin \alpha_1$.

Le curve caratteristiche dianzi citate devono potersi calcolare con approssimazione tale da poter garantire il complesso di misura, costituito dal contatore monofase ad induzione, dal trasformatore voltmetrico e da quello amperometrico, entro i limiti normalmente richiesti in misura di energia.

2. - TEORIA GENERALE.

Il comportamento di due circuiti accoppiati mutualmente secondo lo schema indicato in fig. 1, ammesse trascurabili le capacità distribuite degli avvolgimenti e quelle di accoppiamento tra avvolgimenti di comando e di uscita, è retto dalle seguenti due equazioni tra i valori istantanei:

$$(1) \quad N_a \frac{d\varphi_1}{dt} + N_a \frac{d\varphi_2}{dt} + L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a = v_a$$

$$(2) \quad N_c \frac{d\varphi_1}{dt} - N_c \frac{d\varphi_2}{dt} + L_c \frac{di_c}{dt} + R_c i_c = V_{cm} + v_c.$$

I flussi φ_1 e φ_2 che si stabiliscono rispettivamente nei nuclei 1 e 2 dipendono dalle correnti i_a ed i_c attraverso le caratteristiche magnetiche dei materiali costituenti i nuclei, le quali si suppongono identiche. Tenendo conto che in corrispondenza di un semiperiodo le amperspire degli avvolgimenti di comando sono concordanti con quelle di uscita nel nucleo 1 e discordanti nel nucleo 2, si ha:

$$(3) \quad \varphi_1 = f(N_a i_a + N_c i_c)$$

$$(4) \quad \varphi_2 = f(N_a i_a - N_c i_c).$$

In sostanza il problema matematico consiste nella determinazione delle grandezze incognite i_a , i_c , φ_1 , φ_2 dalle quattro relazioni (1), (2), (3) e (4). Si incontra subito la nota difficoltà della rappresentazione analitica della ca-

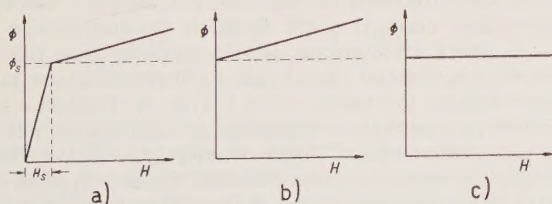


Fig. 2. — Schematizzazioni comunemente adottate per la rappresentazione della caratteristica magnetica dei materiali costituenti i nuclei delle reattanze saturabili.

ra caratteristica magnetica del materiale costituente i nuclei: senza entrare nel merito di tale problema che da decenni ha sempre appassionato tecnici e studiosi, ci si limita ad osservare che per le reattanze saturabili, alimentate da reti a frequenza industriale, è senz'altro accettabile la schematizzazione indicata in fig. 2 a consistente nel-

l'ammettere la relazione fra flusso e corrente in ciascun nucleo assimilabile ad una spezzata costituita da due rette che si incontrano nel punto (Φ_s, H_s) , il cui valore dipende dal materiale impiegato.

Ne consegue che le eq. (3) e (4) diventano:

$$(3') \quad \varphi_1 = K(N_a i_a + N_c i_c)$$

$$(4') \quad \varphi_2 = K(N_a i_a - N_c i_c)$$

ove $K = K'$ per $\varphi < \Phi_s$ e $K = K''$ per $\varphi > \Phi_s$. In linea del tutto generale si potranno quindi avere quattro diversi modi di funzionamento indicati con i numeri I, II, III e IV, corrispondenti ai quattro diversi stati di magnetizzazione che si possono avere nel complesso costituito dai due nuclei (cfr. tab. I).

TABELLA I. — Modi di funzionamento delle reattanze saturabili costituite da due nuclei ferromagnetici.

Modo	I	II	III	IV
Nucleo 1	non saturo	saturo	non saturo	saturo
Nucleo 2	non saturo	non saturo	saturo	saturo

Per la soluzione del problema, occorre definire analiticamente la legge di variazione nel tempo delle tensioni alternative v_a e v_c . Si considera dapprima il caso, più frequente in pratica, che la tensione di comando sia priva di componente alternativa ($v_c = 0$) e quella di alimentazione sia di forma sinusoidale e di ampiezza inferiore alla « tensione di saturazione » E_s definita come il valore limite della tensione alternata al di sopra del quale, anche in assenza di corrente di comando, nelle condizioni di regime si raggiunge la saturazione nei nuclei ferromagnetici, supposti di dimensioni e caratteristiche uguali.

Si osservi innanzitutto che finché $V_{cm} = 0$ si avrà sempre $\varphi_1 = \varphi_2$ e quindi $i_c = 0$; il circuito di fig. 1 sarà in tal caso retto dalla sola eq. (1) che diventa:

$$(1') \quad 2 N_a \frac{d\varphi_1}{dt} + L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a = V_{aM} \sin \omega t.$$

Si ricade cioè nel problema della determinazione della corrente di inserzione di un trasformatore a vuoto, la cui soluzione, com'è noto, dipende dai valori iniziali della tensione di alimentazione. Per le ipotesi fatte sull'ampiezza della tensione alternata, nelle condizioni di regime ambedue i nuclei saranno non saturi per la durata di tutto il periodo (modo I).

Qualora invece in corrispondenza di un determinato istante t_0 la tensione V_{cm} diventa diversa da 0 e la corrente i_c che si manifesta nel circuito di comando è tale da rendere $H > H_s$, si genera una forte dissimmetria nei flussi e si raggiunge quindi la saturazione di uno dei nuclei (modo II o modo III) o di tutti e due contemporaneamente (modo IV): ne segue un fenomeno transitorio che ha una durata dipendente dai parametri del circuito e dal valore che all'istante t_0 assume la tensione di alimentazione. In pratica nelle condizioni di regime si viene ad avere sempre una successione di tre diversi modi di funzionamento: se la sequenza è I, II, I, III, ... le reattanze si diranno « a magnetizzazione libera », mentre se è IV, II, IV, III, ... esse si diranno « a magnetizzazione forzata ».

La errata affermazione di alcuni Autori [7, 8] che a regime si può avere una successione di modi di funzionamento II, III, II, III ... deriva dalle ipotesi eccessivamente semplificative poste alla base delle loro trattazioni, consistenti nell'idealizzare la caratteristica magnetica come indicato nelle figure 2 b e 2 c ed accettabili solo nel

caso di nuclei realizzati con materiali magnetici speciali a bassa perdita ed a ciclo di isteresi rettangolare [9].

Nel presente studio la impostazione del tutto generale data al problema consente di esaminare il funzionamento delle reattanze saturabili anche nel caso che i nuclei siano realizzati con materiali magnetici di tipo comune le cui caratteristiche magnetiche si allontanano notevolmente dalle schematizzazioni indicate nelle figure 2 b e 2 c. A tal proposito si tenga presente che spesso (ad es. nel caso di trasformatori per correnti continue di elevata intensità) il costo del materiale ferromagnetico incide più del 50 % sul costo totale del complesso di misura ed i materiali magnetici speciali d'anziché menzionati hanno tuttora un costo notevolmente superiore (¹) a quello di un buon laminario di Fe-Si orientato per il quale però già non è lecito ammettere $H_s = 0$: risulta evidente l'enorme utilità di poter esaminare in sede di progetto la possibilità di impiego di materiali meno pregiati e di poterne prevedere con esattezza l'influenza sulle caratteristiche di uscita.

3. - SOLUZIONI ANALITICHE APPROSSIMATE.

La risoluzione analitica del sistema di equazioni (1), (2), (3'), (4'), nel caso di tensione di alimentazione di forma sinusoidale e di tensione di comando priva di componente alternativa è agevole solo se si accettano ulteriori semplificazioni e precisamente:

a) si ammette verticale il primo tratto della caratteristica magnetica, cioè $K' = \infty$ (cfr. fig. 2 b);

b) si ammette orizzontale la retta di saturazione, cioè $K'' = 0$ (cfr. fig. 2 c).

La prima ipotesi semplificativa porta come conseguenza a ritenere praticamente sempre valida la relazione di corto circuito:

$$(5) \quad N_a i_a = -N_c i_c$$

il che limita notevolmente, come si vedrà l'utilità dei risultati i quali cadono in difetto per valori elevati della impedenza Z_c , cioè nel caso di magnetizzazione forzata.

La ulteriore seconda ipotesi semplificativa, se da un lato ovviamente dà ancora minore aderenza dei risultati teorici a quelli sperimentali, ha però il pregio di dare rapidamente una idea qualitativa del fenomeno nelle sue linee generali e di consentire di stabilire alcuni criteri basilari per l'impiego dei trasformatori di misura per corrente continua.

La risoluzione analitica basata sulla prima ipotesi semplificativa consiste nella determinazione delle incognite del problema in ciascuno dei quattro diversi possibili modi di funzionamento. Avendo ammesso nullo il campo H_s si deduce che nel modo I le correnti i_a ed i_c sono identicamente nulle e quindi le eq. (1) e (2) consentono agevolmente di determinare l'andamento nel tempo dei flussi.

Durante il modo II, in cui si ha $N_a i_a - N_c i_c = 0$, l'equazione (3') diventa:

$$(3'') \quad \varphi_1 = 2 K'' N_a i_a + \Phi_s$$

e sostituendo nelle (1) e (2) si ottengono, in forma analitica alquanto complessa, le espressioni delle correnti e dei flussi riportate nella tab. II unitamente a quelle per i modi I e IV. Durante il modo III, in cui si ha $N_a i_a + N_c i_c = 0$, l'eq. (4') diventa:

$$(4'') \quad \varphi_2 = 2 K'' N_a i_a - \Phi_s$$

(¹) Attualmente il costo unitario di un buon nastro di Fe-Si orientato (ad es. Trafoperm n. 2) dello spessore 0,17 mm è di circa 2500 Lire/kg mentre il costo del nastro da 0,15 mm realizzato con lega FeNi a ciclo di isteresi rettangolare (ad es. Permenorm 5 000 Z) è di circa 11 000 Lire/kg. (I prezzi si riferiscono a nuclei del peso di circa 1 kg).

e le espressioni per la corrente i_a ed il flusso φ_1 si ottengono da quelle corrispondenti nel modo II cambiando di segno i termini che contengono la f.e.m. continua V_{cm} . I simboli usati nella tab. II sono raggruppati nell'appendice A.

Note le espressioni per le correnti ed i flussi, la soluzione transitoria si ottiene determinando la successione dei vari istanti t_1, t_2, \dots, t_n iniziali dei vari modi di funzionamento a partire dal modo I che ovviamente è valido finché $V_{cm} = 0$ e quindi costituisce anche il primo stato di funzionamento in regime transitorio. Dall'esame dei risultati teorici si giunge alla conclusione che, nel caso di magnetizzazione libera, nelle condizioni di regime, si ha la successione di modi di funzionamento II, I, III, I... ciascuno dei quali ha inizio rispettivamente negli istanti $t', t'', t' + T/2, t'' + T/2$. In pratica interessa conoscere la soluzione a regime indipendentemente da quella transitoria e quindi il problema si riduce a determinare le succitate due variabili $\theta' = \omega t'$ e $\theta'' = \omega t''$ dalla soluzione simultanea delle due equazioni trascendenti:

$$(6) \quad \cos \theta' - \frac{N_a}{N_c} \frac{V_{cm}}{V_{aM}} \theta' = \cos \theta'' + \frac{V_{cm}}{V_{aM}} \frac{N_a}{N_c} \left(\frac{R_e}{R_e'} \pi - \theta'' \right)$$

$$(7) \quad \sin(\theta' - \delta) = \sin(\theta'' - \delta) e^{-\frac{R_e}{\omega L_e}(\theta' - \theta'')} + \frac{N_a V_{cm} Z_e}{N_c V_{aM} R_e} \left[1 - e^{-\frac{R_e}{\omega L_e}(\theta' - \theta'')} \right]$$

di cui la prima esprime la condizione che la variazione di flusso nel nucleo 1 da θ'' a θ'''' , debba essere eguale a quella si ha nel nucleo 2 da θ' a θ''' e la seconda che nell'istante θ'' di passaggio dal modo II al modo I si deve avere $i_a = 0$. Per maggiori dettagli si rimanda all'articolo di Wilson [8] nel quale è riportato anche un confronto tra i risultati teorici e quelli sperimentali limitato però al caso che Z_c' sia dello stesso ordine di grandezza di Z_a . La concordanza è buona eccetto che per valori bassi di V_{cm} il che del resto è ovvio in quanto si è ammessa trascurabile la corrente a vuoto. Ben maggiori discrepanze rispetto ai dati sperimentali si verificano nel caso di funzionamento a magnetizzazione forzata. Infatti, considerando le espressioni di i_a riportate nella tab. II risulta evidente l'assurdo che per $Z_c = \infty$ risulterebbe $i_a = 0$ il che non trova affatto rispondenza nel fenomeno fisico.

Come già accennato in precedenza, molto più utile si presenta l'analisi delle reattanze saturabili basata sulla concomitanza delle ipotesi semplificative a) e b). In figura 3 sono riportati in funzione del tempo i valori di regime delle correnti e dei flussi in ciascun nucleo nel caso di libera circolazione delle armoniche pari nel circuito di comando ed impedenza Z_a di utilizzazione puramente ohmica. Per effetto della f.m.m. H_c prodotta dalla corrente di comando si raggiunge la saturazione nei nuclei in corrispondenza degli istanti $(\alpha_i + n\pi)/\omega$ determinabili con semplici considerazioni fisiche. Appena raggiunta la saturazione in uno dei nuclei si annulla la contro-forza elettromotrice da esso prodotta ed il secondo nucleo si trova a lavorare praticamente in condizioni di corto circuito per cui anche la c.f.e.m. da esso prodotta risulta praticamente nulla: la corrente di uscita assumerà quindi istantaneamente il valore $V_{aM} \sin \alpha_i / R_a$ e successivamente seguirà nel tempo l'andamento della tensione di alimentazione finché questa non si annulla alla fine del semiperiodo. Per effetto della bassa impedenza offerta dal circuito di comando, la corrente in esso avrà la stessa forma della corrente di uscita ed in ogni istante assumerà il valore $i_a \cdot N_a / N_c$.

TABELLA II. — Soluzione completa del sistema di equazioni (1) (2) (3') (4') nel caso: $v_c = 0$, $v_a = V_{aM} \sin(\omega t + \theta)$ $K' = 0$, relativa ai quattro modi di funzionamento.

Modo I	$i_a = 0$ $\varphi_1 = \frac{V_{aM}}{2 \omega N_a} [\cos \theta - \cos (\omega t + \theta)] + \frac{V_{cm}}{2 N_c} t + \varphi_1(0)$ $i_c = 0$ $\varphi_2 = \frac{V_{aM}}{2 \omega N_a} [\cos \theta - \cos (\omega t + \theta)] - \frac{V_{cm}}{2 N_c} t + \varphi_2(0)$
Modo II	$i_a = \frac{V_{aM}}{Z_e} \left[\sin (\omega t + \theta - \delta) - \sin (\theta - \delta) \cdot e^{-\frac{R_e}{L_e} t} \right] + \frac{N_a V_{cm}}{N_e R_e} \left(1 - e^{-\frac{R_e}{L_e} t} \right) + i_a(0) \cdot e^{-\frac{R_e}{L_e} t}$ $i_c = + \frac{N_a i_a}{N_c}$ $\varphi_1 = 2 K'' N_a i_a + \Phi_S$ $\varphi_2 = \frac{V_{aM}}{\omega N_a} \left[\frac{R'_e}{R_e} \cos \theta - \frac{Z'_e}{Z_e} \cos (\omega t + \theta - \delta + \beta) \right] - \frac{1}{N_a} \frac{L'_e R_a - L'_a R'_e}{R_e} \left\{ \frac{V_{aM}}{Z_e} \sin (\theta - \delta) \cdot e^{-\frac{R_e}{L_e} t} \left[-\frac{N_a}{N_c} \frac{V_{cm}}{R_e} - i_a(0) \right] \left(1 - e^{-\frac{R_e}{L_e} t} \right) \right\} - \frac{V_{cm} R_a}{N_c R_e} t + \varphi_2(0)$
Modo IV	$i_a = \frac{V_{aM}}{Z_a} \left[\sin (\omega t + \theta) - \sin (\theta - \gamma) \cdot e^{-\frac{R_a}{L'_a} t} \right] + i_a(0) \cdot e^{-\frac{R_a}{L'_a} t}$ $i_c = \frac{V_{cm}}{R_c} \left(1 - e^{-\frac{R'_e}{L'_c} t} \right) + i_c(0) \cdot e^{-\frac{R'_e}{L'_c} t}$ $\varphi_1 = K'' (N_a i_a + N_c i_c) + \Phi_S$ $\varphi_2 = K'' (N_a i_a - N_c i_c) - \Phi_S$

Dovendo essere verificata nel semiperiodo l'uguaglianza dei valori medi delle forze magnetomotrici si avrà che:

$$(8) \quad \frac{N_c I_{cm}}{N_a} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha_i}^{\pi} i_a d(\omega t) = \frac{V_{aM}}{R_a} \left(\frac{1 + \cos \alpha_i}{\pi} \right)$$

e la caratteristica media (diagramma a trattini) sarà una retta finchè

$$I'_c = I_{cm} \frac{N_c}{N_a} \leq \frac{V_{am}}{R_a} = \frac{2}{\pi} \frac{V_{aM}}{R_a};$$

per valori maggiori di I'_c non si può avere più ulteriore variazione della corrente di uscita e quindi la caratteristica media diventa orizzontale. In fig. 4 a sono riportati sulle ordinate i valori di I_{am} nel caso particolare di $V_{aM}/R_a = 1$ e sulle ascisse la corrente di comando I'_c riferita al circuito di uscita. Mediante la stessa eq. (8) è possibile altresì ricavare il coseno dell'angolo di circolazione $\alpha_c = \pi - \alpha_i$ in funzione della corrente di comando e quindi, nota la forma d'onda della corrente i_a , ricavare le altre caratteristiche di uscita mediante le relazioni raggruppate nell'appendice B, le quali danno in funzione dell'angolo α_c il valore efficace della corrente di uscita, il valore massimo dell'armonica fondamentale e il suo angolo di fase rispetto alla tensione di alimentazione.

Dai risultati riportati in fig. 4 a si osserva che mentre

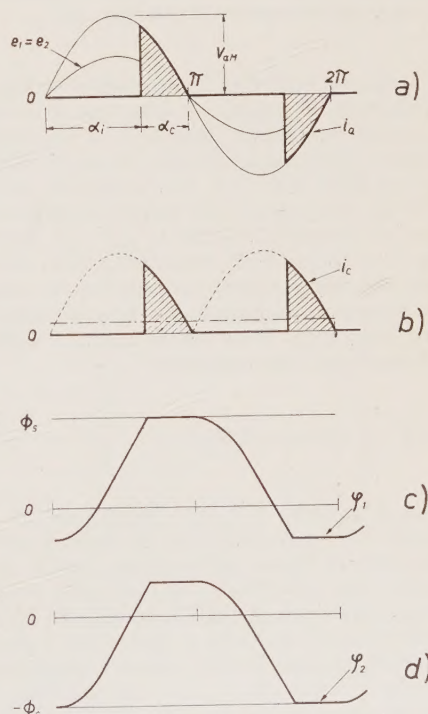


Fig. 3. — Andamento nel tempo della corrente d'uscita (fig. 3 a), della corrente di comando (fig. 3 b) e dei flussi in ciascun nucleo (figg. 3 c e 3 d) di una reattanza saturabile funzionante a magnetizzazione libera.

il valore medio della corrente di uscita cresce proporzionalmente alla corrente di comando, l'ampiezza I_{a1M} della armonica fondamentale presenta un andamento non lineare e già per $I'_c = 0,1$ I'_{cmax} si ha uno scostamento del 10 % rispetto alla legge lineare ideale.

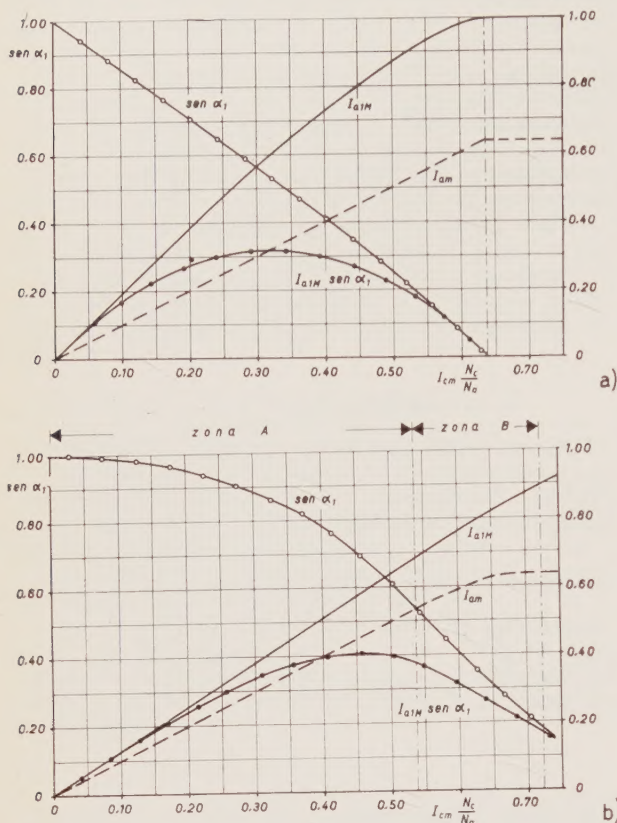


Fig. 4. — Caratteristiche medie, di ampiezza, di fase e totale per le reattanze saturabili funzionanti a magnetizzazione libera (fig. 4 a) ed a magnetizzazione forzata (fig. 4 b).

In fig. 5 è invece riportato l'andamento teorico delle correnti e dei flussi a regime nel caso che il circuito di comando presenti impedenza infinita e la impedenza di uscita sia ancora puramente ohmica. Come già illustrato ampiamente in altra sede [5], la corrente di uscita assume una forma rettangolare di ampiezza proporzionale alla corrente di comando finché $I'_c \leq I'_{cmax}$; per valori maggiori di I'_c la forma della corrente i_a varia fino a diventare una senoide. Conseguentemente la caratteristica media presenta una prima zona lineare (zona A) ed una seconda (zona B) in cui il valore medio è legato alla corrente di comando dalla relazione:

$$(9) \quad I_{am} = \frac{I}{\pi} (\cos \alpha_i - \cos \nu) + I'_c \left[1 - \frac{(\nu - \alpha_i)}{\pi} \right]$$

valida finché $I'_c \leq 0,859 V_{aM}/R_a$. Mentre per la prima zona il calcolo delle caratteristiche di uscita è ovvio essendo la corrente di forma rettangolare, per la seconda esso è alquanto più complesso e si basa sulla analisi armonica brevemente riassunta nell'appendice B. In fig. 4 b sono riportate le caratteristiche di uscita per il funzionamento a magnetizzazione forzata ricavate analiticamente nell'ipotesi che il rapporto V_{aM}/R_a sia unitario, il che rende possibile l'impiego dei diagrammi anche per valori diversi della tensione di alimentazione e della resistenza di utilizzazione.

Dall'esame comparativo dei risultati si ricava che nel caso di magnetizzazione forzata:

1) la caratteristica di ampiezza presenta una mag-

giore linearità: essa risulta rettilinea fino al valore limite della corrente di comando;

2) a parità di corrente di comando si ha un'ampiezza minore dell'armonica fondamentale: ad es. per $I'_c = 0,2$ la diminuzione è del 30 % rispetto al valore che si ha nel caso di magnetizzazione libera;

3) la caratteristica totale presenta un errore di linearità notevolmente minore: infatti per $I'_c = 0,25$ (cui corrisponde 0,3 in ampiezza) tale errore risulta del 10 %, mentre nel funzionamento a magnetizzazione libera lo stesso errore corrisponde ad $I'_c = 0,10$ (cui corrisponde 0,18 in ampiezza).

Dalle considerazioni dianzi esposte e riassunte risulta evidente la necessità dell'impiego di reattanze saturabili a magnetizzazione forzata ogni qualvolta esse debbono presentare la massima linearità possibile nella caratteristica totale, quale è ad es. il caso del loro impiego come riduttori di tensione e di corrente in collegamento con un contatore ad induzione per la misura dell'energia nelle reti a corrente continua.

4. - SOLUZIONE NUMERICA.

Come si è visto ambedue le soluzioni analitiche illustrate nel paragrafo precedente presentano notevoli inconvenienti pratici e forniscono risultati con limiti di validità ben precisi imposti dalle ipotesi semplificative fatte in partenza. Qualora occorra esaminare in tutta la sua generalità il fenomeno della magnetizzazione continua sovrapposta a quella alternativa, tenendo conto quanto più aderentemente possibile delle caratteristiche magnetiche del materiale costituente i nuclei, l'unica soluzione è quella di integrare il sistema di equazioni (1), (2), (3) e (4) mediante un calcolatore elettronico. Tenendo presente la complessità del sistema e l'elevata precisione richiesta nei risultati (errore complessivo non superiore a $\pm 0,2$ %) è senz'altro da escludere l'impiego di calcolatori analogici ed occorre procedere invece ad una integrazione numerica: risulta in questo caso estremamente conveniente l'impiego degli analizzatori differenziali numerici che, come è noto [10], raggruppano i pregi degli

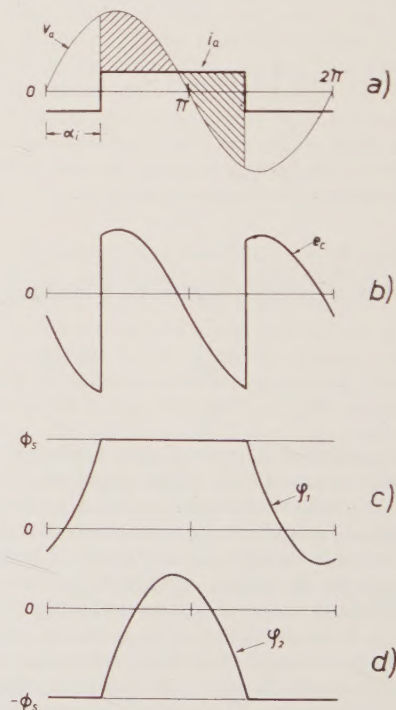


Fig. 5. — Andamento nel tempo della corrente di uscita (fig. 5 a), delle f.e.m. indotte nel circuito di comando (fig. 5 b) e dei flussi in ciascun nucleo (figg. 5 c e 5 d) di una reattanza saturabile funzionante a magnetizzazione forzata.

analizzatori differenziali analogici con la precisione delle macchine numeriche. Su tale tipo di macchina è possibile, mediante opportuni accorgimenti, portare in conto sia la reale caratteristica magnetica (introdotta per punti ad es. a mezzo di nastro perforato), sia l'andamento del ciclo di isteresi opportunamente schematizzato. Si rimanda agli articoli specifici [11, 12] per la descrizione degli schemi di programmazione da adottarsi, per la cui comprensione è necessaria ovviamente una conoscenza almeno superficiale della tecnica di impostazione e risoluzione dei problemi su tale tipo di macchina.

Data l'elevata precisione conseguibile col calcolatore è necessario conoscere con notevole esattezza i parametri da introdurre nel calcolo: ciò risulta praticamente difficile per la pendenza della caratteristica magnetica nella zona di saturazione. Si è però riscontrato che, nel caso di tensione di alimentazione di forma sinusoidale, un errore anche del 10 % nella determinazione del parametro K'' non altera in modo apprezzabile il risultato consistente nel valutare le caratteristiche di uscita.

Il calcolatore elettronico consente di risolvere il problema nella sua generalità, e quindi il sistema di equazioni (1), (2), (3), (4) con qualunque forma d'onda della tensione di alimentazione nonché in presenza di f.e.m. alternative anche nel circuito di comando [13]. Poiché

si è visto che ai fini pratici è più che sufficiente la schematizzazione della caratteristica magnetica con la spezzata riportata in fig. 2 a, si è impostato sul calcolatore il sistema di equazioni (1), (2), (3'), (4') in cui, per meglio consentire il confronto con i risultati ottenuti dagli altri studiosi, si è considerata la tensione di comando priva di componente alternativa ($v_c = 0$) e la tensione v_a di forma sinusoidale, riservando di comunicare successivamente i risultati ottenuti nello studio sia delle reattanze saturabili alimentate con tensione di forma rettangolare [14] sia di quelle comandate con tensione continua generata da raddrizzatori.

Le reattanze saturabili cui si riferiscono i risultati riportati nel seguito sono supposte realizzate con due nuclei toroidali di Permenorm 5000Z delle seguenti dimensioni in mm $D_e = 68$ $D_i = 60$ $a = 10$, su ciascuno dei quali sono stati disposti 125 spire di uscita e 100 di comando; il circuito di utilizzazione si è assunto di resistenza pari a $0,78 \Omega$ e di induttanza pari a 40×10^{-6} H, comprensive della resistenza e della induttanza di dispersione. La tensione di alimentazione si è supposta sinusoidale con ampiezza pari a 8 V e frequenza 50 Hz. I due valori K' e K'' della pendenza della caratteristica magnetica sono stati assunti rispettivamente pari a $3,33 \times 10^{-5}$ Wb/As e $6,4 \times 10^{-8}$ Wb/As con il punto di discontinuità in cor-

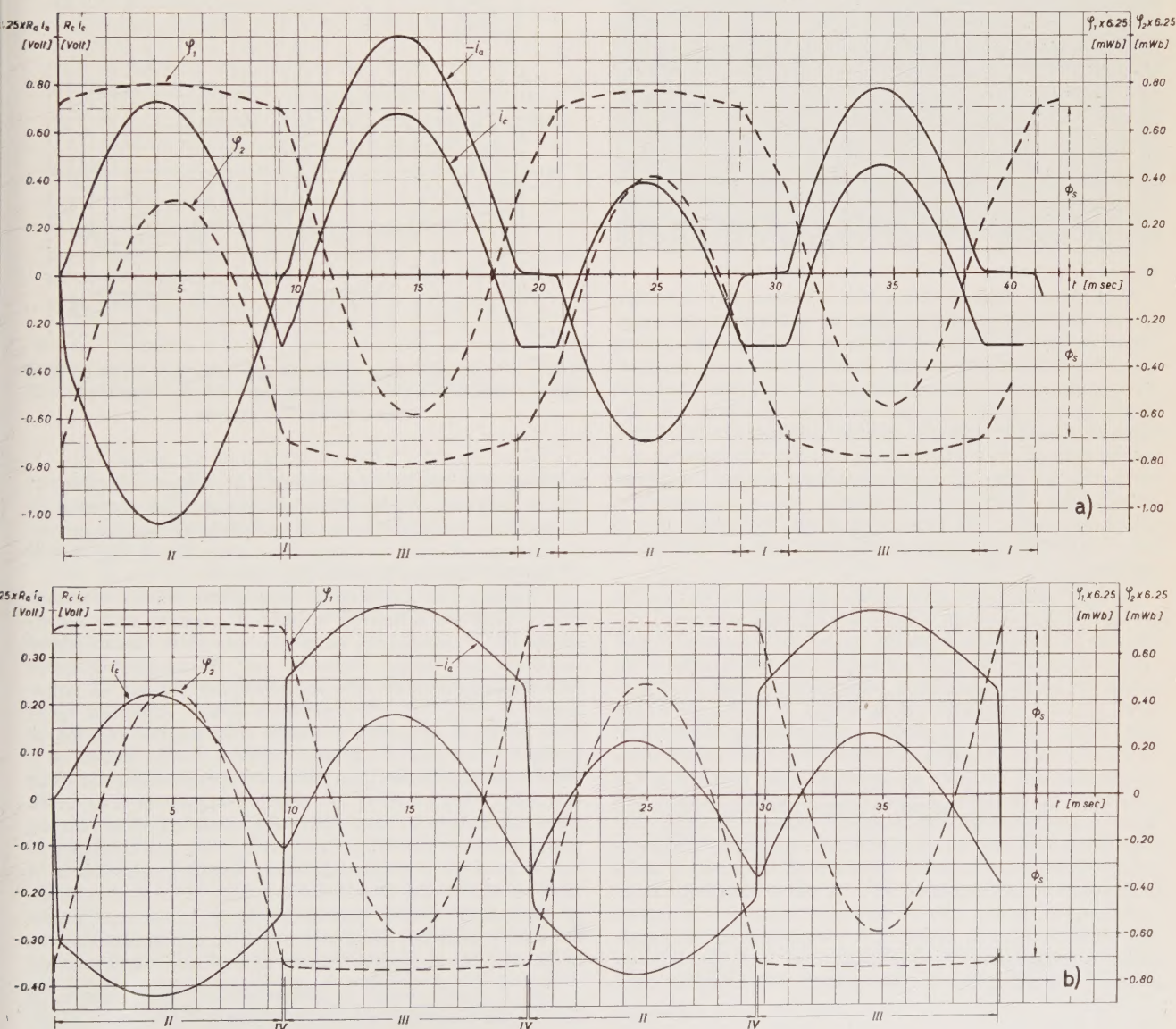


Fig. 6. — Flussi (ϕ_1 , ϕ_2) e correnti (i_o , i_c) nel periodo transitorio creato in una reattanza saturabile da una variazione istantanea del flusso di comando, rispettivamente nel caso di bassa (fig. 6 a) ed elevata (fig. 6 b) impedenza del circuito di comando.

rispondenza di 3,36 As. I parametri della impedenza di comando sono stati fatti variare e sono pertanto specificati caso per caso.

In base ai risultati ottenuti dal calcolatore sono stati riportati in fig. 6 le correnti ed i flussi in ciascun nucleo relativi al regime transitorio (per ovvi motivi limitatamente a soli due periodi) per i casi $R_c = 1,28 \Omega$, $L_c = 1,28 \text{ mH}$ e $R_c = 50 \Omega$, $L_c = 128 \text{ mH}$, che danno luogo a regime rispettivamente a magnetizzazione libera e a magnetizzazione forzata. In figura sono indicati da linee verticali gli istanti di passaggio da un modo di funzionamento all'altro, ricavati dal valore assunto dai flussi φ_1 e φ_2 rispetto al valore limite Φ_s . Per semplicità di programmazione il transitorio è simulato imponendo una variazione istantanea a gradino del flusso di comando ottenuta ad es. da un terzo avvolgimento percorso da corrente continua prodotta da un generatore avente in serie una fortissima resistenza ohmica in modo da poter ritenere nulla la costante di tempo del circuito di comando ed altresì nulle le armoniche pari di corrente prodotte dalle f.e.m. in esso indotte. Come valori iniziali delle variabili si sono assunti: $v_a = V_{aM}$, $i_a = i_c = 0$, $\varphi_1 = \Phi_c/2$, $\varphi_2 = -\Phi_c/2$.

Dall'esame dei diagrammi riportati nella fig. 6 risulta evidente che, pur avendo supposto di applicare istantaneamente il flusso di comando Φ_c , le condizioni di regime si raggiungono dopo un certo tempo che chiameremo « ritardo intrinseco » della reattanza saturabile e che dipende sia dal valore che la tensione di alimentazione assume nell'istante di inizio del transitorio sia dal tipo di magnetizzazione; il ritardo intrinseco risulta tanto più elevato quanto più agevole è la circolazione delle armoniche pari di corrente. La natura del transitorio è sostanzialmente diversa nei due casi: nel primo (funzionamento a magnetizzazione libera) si ha prevalentemente un transitorio di ampiezza, mentre nel secondo (funzionamento a magnetizzazione forzata) si ha una variazione di ampiezza dell'onda di corrente e di durata del semiperiodo.

Si definisce « tempo di risposta » l'intervallo di tempo che il valor medio della corrente di uscita impiega a raggiungere 0,707 del valore medio in condizioni di regime a partire dall'istante in cui viene applicato un determinato gradino di tensione al circuito di comando: il tempo di risposta dipende sia dalla costante di tempo del circuito di comando che dal ritardo intrinseco precedentemente definito. Con riferimento alla fig. 6 si osserva ancora che nel caso di magnetizzazione forzata la forma d'onda della corrente di comando non è più eguale a quella di uscita: tale tipo di reattanza saturabile si può anzi definire come quello in cui non è più accettabile la relazione $i_a/i_c = N_a/N_c$.

In fig. 7 sono riportate le soluzioni a regime, per le sole correnti, relative a tre diversi valori della resistenza del circuito di comando scelti in modo da mostrare il graduale cambiamento della forma d'onda della corrente di uscita da quella sinusoidale parzializzata, tipica del funzionamento a magnetizzazione libera, a quella rettangolare, tipica del funzionamento a magnetizzazione forzata. Si può definire « impedenza critica » Z_{cr} quel valore della impedenza del circuito di comando cui corrisponde il passaggio da un tipo di magnetizzazione all'altro; a parità di dimensioni geometriche e di numero di spire, tale impedenza è funzione crescente della tensione di alimentazione e decrescente della corrente di comando e della impedenza di utilizzazione Z_a . Il valore dell'impedenza critica nelle ipotesi che si possono trascurare le induttanze del circuito di uscita e di comando e che la caratteristica magnetica sia assimilabile ad una spezzata ad angolo retto (fig. 2 c), si può ottenere dalla espressione:

$$(10) \quad \frac{R_a}{R_{cr}} \left(\frac{N_c}{N_a} \right)^2 = \frac{2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{V_{aM}}{V_{cm}} \frac{N_c}{N_a} \right)^2 - 1}$$

in cui compaiono i rapporti adimensionali

$$\frac{R_a}{R_c} \left(\frac{N_c}{N_a} \right)^2 \quad \text{e} \quad \frac{V_{aM}}{V_{cm}} \frac{N_c}{N_a}$$

impiegati da alcuni Autori [15, 16] per la costruzione di abachi che consentono di valutare l'andamento delle grandezze elettriche e magnetiche delle reattanze saturabili nel caso di funzionamento ideale.

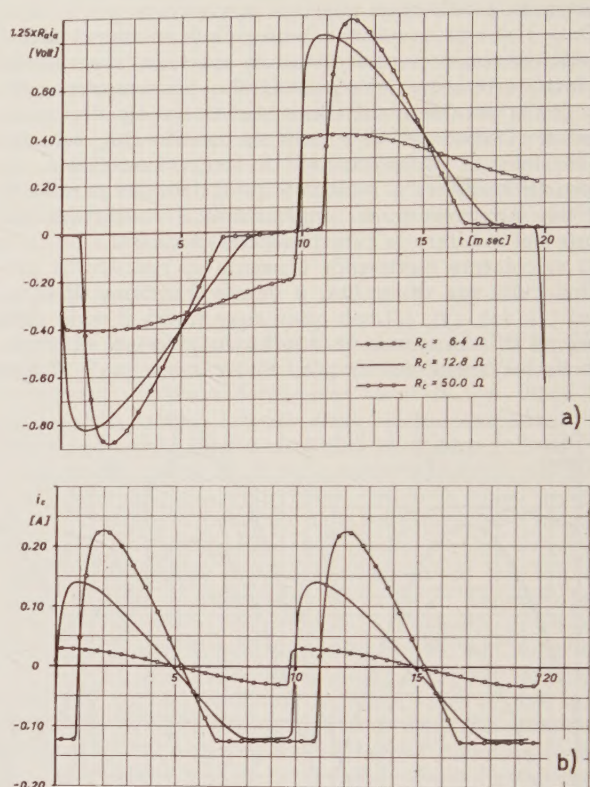


Fig. 7. — Influenza della resistenza del circuito di comando sulla forma d'onda della corrente di uscita (fig. 7 a) e di comando (fig. 7 b) nelle condizioni di regime.

In fig. 8 si è voluto porre invece in evidenza l'influenza che il rapporto L_a/R_c ha sulla forma della corrente di comando e conseguentemente su quella di uscita, rispettivamente nel caso di magnetizzazione libera (fig. 8 a) e di magnetizzazione forzata (fig. 8 b).

L'impiego del calcolatore elettronico risulta estremamente utile per il calcolo in sede di progetto delle caratteristiche di uscita, in quanto è possibile, senza alcun aumento del tempo richiesto per il calcolo, ottenere contemporaneamente alla soluzione del sistema di equazioni (1), (2), (3'), (4') anche l'analisi armonica [13] della corrente di uscita e quindi ricavare in funzione di prefissate correnti di comando oltre il valore medio ed il valore efficace anche l'ampiezza della fondamentale della corrente di uscita ed il suo relativo angolo di fase. A titolo dimostrativo nella tab. III sono riportati alcuni punti calcolati per $R_c = 64 \Omega$ ed $L_c = 0$, cui corrisponde funzionamento a magnetizzazione forzata entro tutta la zona di escursione utile della corrente di comando; l'approssimazione risulta inferiore a 0,2 % in corrispondenza del valore massimo della corrente di comando. Dall'esame della tab. III si possono trarre alcune utili osservazioni:

a) il valore medio e quello efficace differiscono dal valore medio teorico I_c' inizialmente con un errore in eccesso (influenza della corrente a vuoto) e successivamente in difetto;

b) contrariamente a quanto risulta dalle trattazioni

analitiche approssimate dianzi esposte, già per $I_c' = 1,829 \text{ A} = 0,35 I_{c, \text{max}}$ si ha un errore di circa 5 % nel valore medio e di circa 3 % nel valore efficace;

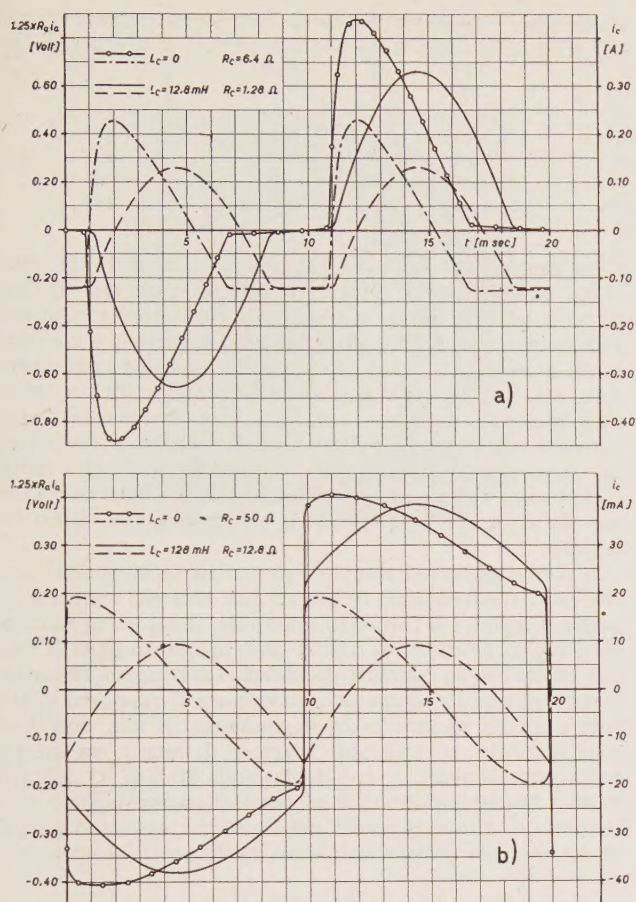


Fig. 8. — Influenza della induttanza del circuito di comando sulla forma d'onda della corrente di uscita e di comando nel caso di magnetizzazione libera (fig. 8 a) e di magnetizzazione forzata (fig. 8 b).

c) l'angolo di fase α_1 tra tensione e armonica fondamentale della corrente di uscita è notevolmente maggiore di quello calcolabile in base alla eq. (8); ad esempio per $I_c' = 1,829 \text{ A}$ esso risulta $16^\circ 45'$ contro i $10^\circ 30'$ ricavabili dalla fig. 4 b;

d) il valore efficace è inizialmente notevolmente diverso da quello medio, mentre per valori elevati del campo di controllo la forma d'onda è praticamente rettangolare ed il fattore di forma scende a valori molto prossimi ad 1.

In fig. 9 a sono riportati gli oscillogrammi della corrente di uscita rilevati per tre diversi valori del campo di comando; come risulta evidente dalla fig. 9 b i risultati sperimentali praticamente coincidono con quelli ottenuti dall'integrazione numerica dell'eq. (1), (2), (3'), (4'); ad ulteriore conferma nella tab. III sono stati riportati tra parentesi, in corrispondenza dei valori elevati del campo di comando, i valori efficaci della corrente di uscita ottenuti dall'esperienza.

Nel concludere l'esame dei risultati numerici si fa osservare che dalla schematizzazione adottata per la caratteristica magnetica consegue che la corrente a vuoto è di forma sinusoidale, il che non è verificato in pratica; come già accennato in precedenza, si è studiata anche la possibilità di portare in conto l'area del ciclo di isteresi, il che mentre è di interesse marginale nel problema cui si riferisce il presente studio, diventa indispensabile qualora si voglia simulare correttamente il funzionamento degli amplificatori magnetici.

5. - IMPIEGO DELLE REATTANZE SATURABILI COME TRASFORMATORI DI MISURA PER CORRENTE CONTINUA.

L'idea di sfruttare le proprietà delle reattanze saturabili per la misura di correnti e tensioni continue rimonta a parecchi anni or sono ed è stata oggetto di numerosi lavori. Solo recentemente però, con la immissione sul mercato di materiali magnetici aventi convenienti caratteristiche (Deltamax, Hypernik, H. C. R., Permenorm 5000Z, Orthonol...), si è avuta una diffusione commerciale nei così detti « trasformatori di misura per corrente continua » o « trasduttori »⁽²⁾, impiegati in cicli di regolazione ed in complessi di misura. I principali vantaggi che essi presentano rispetto ai sistemi tradizionali si possono così riassumere: isolamento dell'apparecchio di misura rispetto alla rete a corrente continua, possibilità di

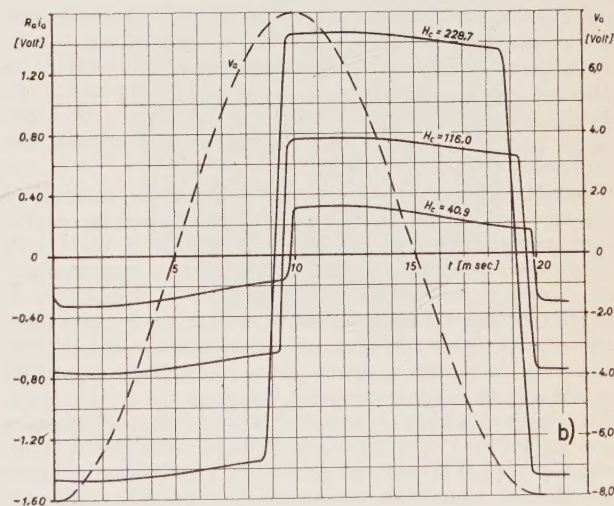
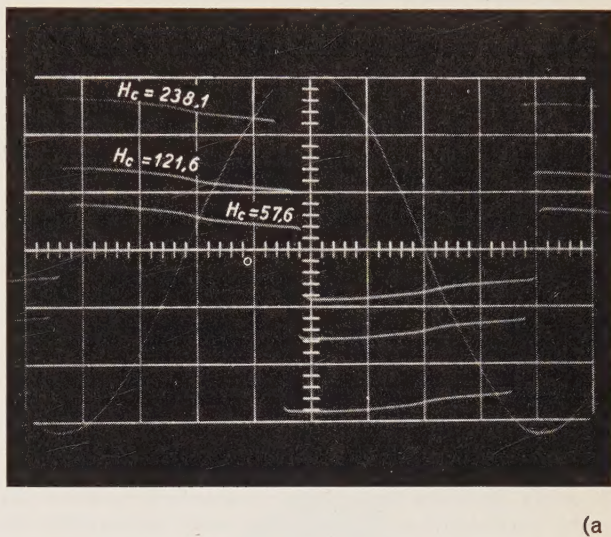


Fig. 9. — Diagrammi della corrente di uscita di una reattanza saturabile funzionante a magnetizzazione forzata per vari valori del campo di comando ricavata rispettivamente dalle soluzioni numeriche del sistema di equazioni (1) (2) (3') (4') (fig. 9 b) e dai rilievi sperimentali effettuati su di una reattanza saturabile di caratteristiche medesime allestita in laboratorio (fig. 9 a).

⁽²⁾ La denominazione « trasduttore » (« transducer ») è il termine originario con cui vennero denominate le reattanze saturabili; nel testo si è preferito usare la denominazione « reattanze saturabili » (RS) in quanto l'altra può dar luogo a equivoci intendendosi comunemente per trasduttore qualsiasi dispositivo che consente di convertire una grandezza di determinate caratteristiche in un'altra di caratteristiche ad essa proporzionali con legge ben definita (lineare, quadratica...).

TABELLA III. — Risultati dell'integrazione numerica del sistema di equazioni (1) (2) (3') (4') relative all'esempio illustrato nel testo.

H_c (As)	I_a' (A)	I_{am} (A)	I_a (A)	f_f	I_{aIM} (A)	$90^\circ - \alpha_1$
0	0	0,027	0,030	1,11	0,042	$0^\circ 8'$
40,9	0,327	0,327	0,337	1,030	0,439	$9^\circ 51'$
78,5	0,628	0,617	0,627	1,010	0,809	$10^\circ 39'$
116,0	0,928	0,905	0,919 (0,92)	1,015	1,195	$11^\circ 42'$
153,6	1,229	1,194	1,206 (1,21)	1,015	1,576	$13^\circ 14'$
191,2	1,529	1,471	1,491 (1,50)	1,015	1,957	$14^\circ 57'$
228,7	1,829	1,738	1,772 (1,78)	1,019	2,311	$16^\circ 45'$

eseguire misure anche a distanze notevoli dalla installazione della reattanza saturabile, possibilità di effettuare con un unico apparecchio la totalizzazione di più correnti o tensioni continue.

L'unico inconveniente delle reattanze saturabili è quello di richiedere una sorgente alternata ausiliaria di alimentazione il che in pratica non è di peso in quanto, salvo poche eccezioni (impianti mobili alimentati da linee a corrente continua) la corrente continua è ottenuta da quella alternata mediante gruppi di conversione statici o rotanti e pertanto è sempre accessibile la sorgente richiesta. Molto più importante è l'osservazione che le caratteristiche delle reattanze saturabili potrebbero essere influenzate dalle eventuali variazioni del potenziale e della frequenza della rete a corrente alternata: tale inconveniente risulta in pratica ampiamente superato qualora si sia proceduto ad un accurato proporzionamento del circuito elettrico, come già posto in evidenza nel citato articolo [5].

Nell'impiego delle reattanze saturabili come trasformatori di misura occorre tener presente che anche in assenza di corrente di comando esiste sempre una corrente di uscita di valore finito detta « corrente a vuoto »: ciò porta ovviamente ad un notevole errore nella misura di correnti molto piccole (5 %) rispetto al valore nominale per cui è stato progettato il riduttore. Per eliminare tale inconveniente sono stati studiati vari dispositivi, i quali tutti portano però ad una complicazione circuitale: si può ad esempio fare uso di un terzo avvolgimento disposto come l'avvolgimento di comando in cui le armoniche pari di corrente vengono chiuse sull'apparecchio indicatore.

Risulta invece molto più utile ridurre la corrente a vuoto a valori trascurabili agendo sui parametri da cui essa dipende; questi, a parità di numero di spire e di dimensioni geometriche, sono in ordine di importanza: gli eventuali traferri presenti nel circuito magnetico, le caratteristiche magnetiche del materiale costituente i nuclei e la tensione alternata di alimentazione del circuito di uscita. In merito al primo punto è ormai comunemente accettato dai vari costruttori l'impiego di nuclei toroidali chiusi costituiti da una striscia avvolta dello spessore non superiore a 0,15 mm (per impiego a frequenza industriale) per cui il traferro ed i flussi dispersi sono ridotti al minimo. Quanto ai materiali da impiegare, dipende dalle prestazioni che si vogliono ottenere: si ritiene interessante citare i risultati ottenuti con due riduttori di corrente da 3 000 A di medesime caratteristiche elettriche e geometriche, realizzati rispettivamente con nastro di Fe-Si a grani orientati e con nastro di materiale a ciclo di isteresi rettangolare a bassa perdita: nel primo si ha una corrente a vuoto di 10 mA mentre nel secondo essa si riduce a 2 mA con possibilità quindi di un corretto impiego del riduttore anche al 5 % del carico. Per quanto riguarda la tensione di alimentazione, occorre sceglierla quanto più elevata possibile in modo da estendere al massimo la zona di linearità delle caratteristiche di uscita e quindi la prestazione del trasformatore di misura: il valore limite è ovviamente la tensione di saturazione precedentemente definita.

In pratica può talvolta capitare che la corrente continua cambia verso: in tal caso basta fare uso di due circuiti del tipo di fig. 1 accoppiati in controfase che tra l'altro offrono il vantaggio della compensazione della corrente a vuoto. Il funzionamento del circuito controfase (cfr. art. cit. [5]) richiede però la presenza di un terzo avvolgimento, detto di « polarizzazione », alimentato con corrente continua di valore predeterminato e costante; ciò ovviamente costituisce un notevole aumento della complessità del circuito per cui in pratica conviene fare uso di altri tipi di circuito di cui sarà fatto cenno in seguito.

A similitudine dei riduttori per corrente alternata, anche per i trasformatori di misura per correnti continue si possono definire il rapporto nominale, il rapporto teorico ed il rapporto effettivo riferiti però in questo caso ai valori efficaci delle correnti di uscita. L'errore di linearità ε_l rappresenta lo scarto percentuale tra il rapporto effettivo e quello teorico in corrispondenza di una determinata corrente di comando. L'errore di fase ε_f va inteso come complemento a 90° dell'angolo di fase α_1 dell'armonica fondamentale della corrente di uscita rispetto alla tensione di alimentazione: per comodità esso può essere anche espresso percentualmente mediante l'espressione:

$$(II) \quad \varepsilon_f \% = \frac{90 - \alpha_1}{90} 100\%.$$

Volendo fare una classifica delle varie possibilità di impiego dei trasformatori di misura per corrente continua, questa potrebbe essere la seguente:

a) Misura di correnti continue.

In tal caso le reattanze saturabili si trovano sempre a funzionare a magnetizzazione forzata in quanto il rapporto di spire N_a/N_c è molto grande, risultando conveniente avere $N_c = 1$ in modo da potere infilare il conduttore attraversato da corrente continua nel foro centrale dei due nuclei accoppiati. La corrente di uscita viene generalmente raddrizzata ed inviata ad uno strumento magnetoelettrico: in questo caso interessa ovviamente solo la linearità della caratteristica media e il tempo di risposta si riduce al solo ritardo intrinseco il quale peraltro in pratica non dà alcun fastidio. Comunque qualora si voglia ridurre ulteriormente il tempo di risposta (ad es. in impianti con regolazione automatica della corrente continua), si può ricorrere ad una alimentazione a frequenza superiore a quella di rete con opportuni accorgimenti.

In fig. 10 a è riportata la fotografia di un riduttore di corrente da 3 000 A di costruzione nazionale: dei quattro morsetti di uscita, due vanno collegati alla rete ausiliaria a corrente alternata e due all'apparecchio indicatore della corrente di uscita; nella parte inferiore, sotto la morsetteria, viene installato l'eventuale raddrizzatore della corrente alternata. Il complesso dei due nuclei con i relativi avvolgimenti è impegnato in modo da costituire un tutto compatto ed ottenere un isolamento tra conduttore centrale e rete ausiliaria superiore a 10 kV. Per maggiore comodità anziché la caratteristica media si è preferito

riportare in funzione della corrente di uscita gli errori di linearità percentuali e gli errori di fase, rilevati per $R_a = 20 \Omega$, $L_a = 0,004 \text{ H}$, $N_c = 1$ ed $R_c > 10^{-2} \Omega$ (fig. 10 b).

b) Misura di tensioni continue.

I «trasformatori per tensioni continue» (o «reattanze saturabili voltmetriche») sono meno noti nella let-

sione continua sono ammissibili errori di maggiore entità in quanto si presume di impiegargli in reti a corrente continua il cui potenziale abbia limitato campo di variazione ($\pm 20\%$).

c) Misura di energia in reti a corrente continua.

Con riferimento allo schema di principio riportato in fig. 12 risulta evidente l'importanza che in questo caso assume l'errore di fase dei riduttori (per semplicità indicati coi simboli RS_A e RS_V) e la necessità che entrambi siano realizzati a magnetizzazione forzata. Con opportune modifiche lo schema di fig. 12 può servire anche per la integrazione nel tempo di correnti o tensioni continue [17] il che è di notevole interesse specialmente in impianti elettrochimici.

Qualora infine occorra eseguire misure di energia in reti a tensione continua a potenziale fortemente variabile e con possibilità di inversione della corrente (ad es. in impianti di laminazione) risulta conveniente l'impiego del circuito schematicamente indicato in fig. 12 b, appositamente studiato allo scopo [18]; in esso la corrente di linea e la tensione della rete a corrente continua vengono inviate a due reattanze saturabili le cui correnti di uscita, rispettivamente proporzionali alla somma ed alla differenza dei due parametri, alimentano un contatore costituito da due equipaggi del tipo R^2 montati coassialmente, il quale fornisce pertanto indicazioni proporzionali al prodotto $V_c \times I_c$. Lo schema descritto consente il rilievo di correnti continue di polarità variabile, eliminando la necessità del circuito di polarizzazione e di tutte le conseguenti complicazioni.

6. - CONCLUSIONI.

L'Autore spera di aver portato un utile contributo ad una più completa conoscenza sia del funzionamento delle

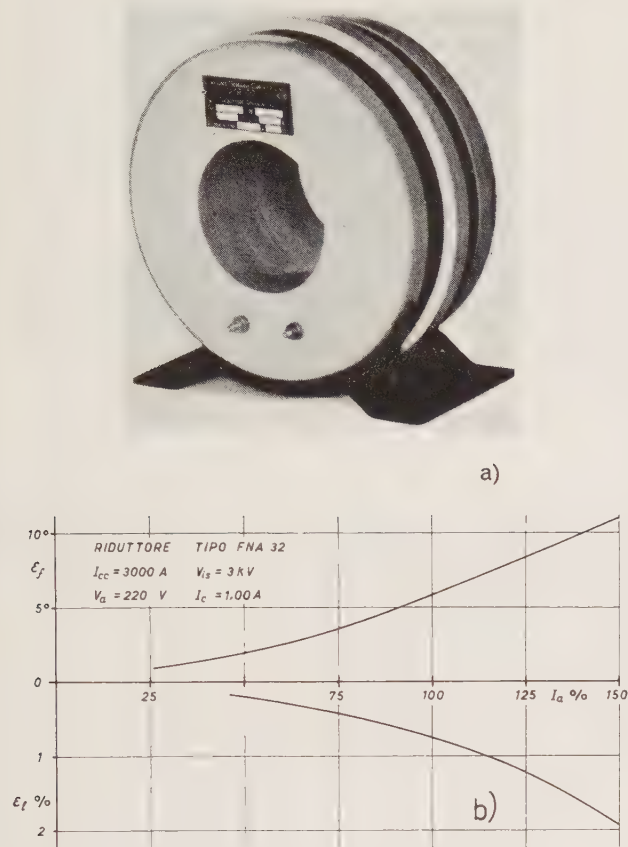


Fig. 10. — Fotografia della esecuzione industriale di un trasformatore di misura per correnti continue di 3000 A (fig. 10 a) e relative curve di errore di fase e di linearità rilevate a tensione ausiliaria nominale per $R_a = 20 \Omega$, $R_c > 0,01 \Omega$, $L_a = 0,004 \text{ H}$ in funzione della corrente di uscita espressa in per cento di quella nominale.

teratura e possono essere realizzati sia a magnetizzazione libera che a magnetizzazione forzata. Nel primo caso risultano di più semplice realizzazione ma possono essere impiegati utilmente solo quando sono accettabili tempi di risposta dell'ordine di decine di periodi e la tensione alternata di alimentazione si può ritenere sufficientemente costante; nel secondo caso occorre disporre in serie al circuito di comando una impedenza di valore opportuno tale che costituisca un blocco sufficiente per le armoniche pari di corrente e non aumenti eccessivamente la costante di tempo del circuito di comando; qualora questa debba essere necessariamente piccola, si può ricorrere all'impiego di due reattanze saturabili alimentate con tensioni alternate in quadratura, in modo che la reattanza inserita nel circuito di comando debba costituire un blocco solo per le armoniche di quarto ordine e superiori.

In fig. 11 a è riportata la fotografia della realizzazione industriale di un trasformatore di tensione per 600 V c.c. previsto per impiego in un complesso di misura di energia: oltre ai quattro morsetti di uscita si hanno in tal caso anche due morsetti per la inserzione in derivazione sulla linea a corrente continua. In fig. 11 b sono riportati in funzione della corrente di uscita gli errori di linearità e quelli di fase; si osserva che nel caso di riduttori di ten-

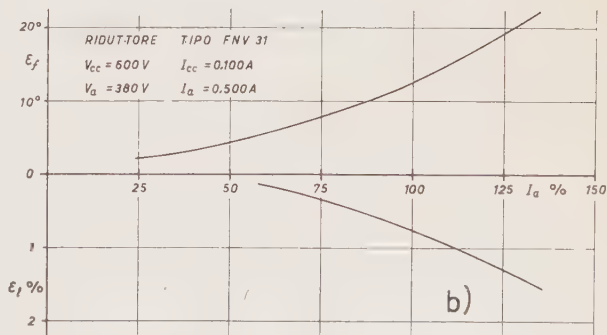
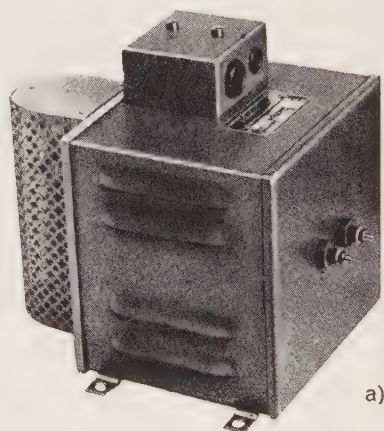


Fig. 11. — Fotografia della esecuzione industriale di un trasformatore di misura per tensioni continue di 600 V (fig. 11 a) e relative curve di errore di fase e di linearità rilevate a tensione ausiliaria nominale per $R_a = 5 \Omega$, $L_a = 0,01 \text{ H}$ in funzione della corrente di uscita espressa in per cento di quella nominale (fig. 11 b).

reattanze saturabili che delle loro attuali più interessanti applicazioni. Data la vastità dell'argomento trattato si è reso necessario richiamare spesso articoli specifici per potersi limitare in questa sede ad un esame approfondito della sovrapposizione di magnetizzazione continua su quella alternativa nel caso di due nuclei accoppiati in serie tra loro, eliminando tutte quelle ipotesi semplificative, adottate da altri Autori, che limitano in modo inaccettabile la validità dei risultati.

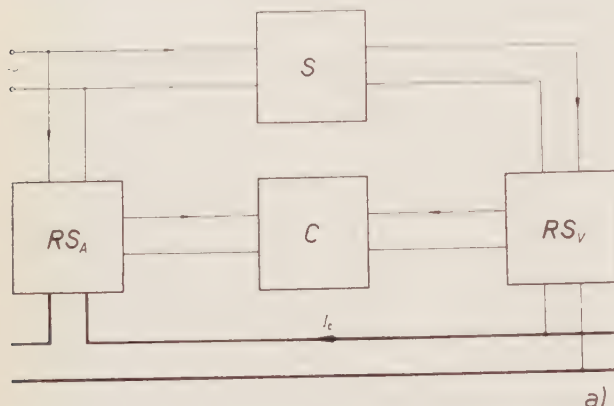


Fig. 12 a). — Schema a blocchi del dispositivo di misura di energia in reti a corrente continua impiegante un contatore monofase ad induzione C , un circuito sfasatore S e due trasformatori RS_A e RS_V rispettivamente per la misura della corrente e della tensione continua.

Onde meglio definire il comportamento delle reattanze saturabili si sono introdotte quattro nuove caratteristiche di uscita definite rispettivamente caratteristica efficace, caratteristica di ampiezza, caratteristica di fase, caratteristica totale e si è posto in evidenza l'utilità dell'impiego di un calcolatore elettronico per la soluzione del sistema di equazioni che reggono il fenomeno.

È stata altresì posta in evidenza la possibilità di passare gradualmente dal funzionamento a magnetizzazione libera a quello a magnetizzazione forzata variando il valore della impedenza inserita nel circuito di comando ed in particolare si è mostrata l'influenza che il rapporto L_c/R_c , nel caso di magnetizzazione forzata, ha sulla forma d'onda della corrente di uscita e quindi sulla caratteristica di ampiezza.

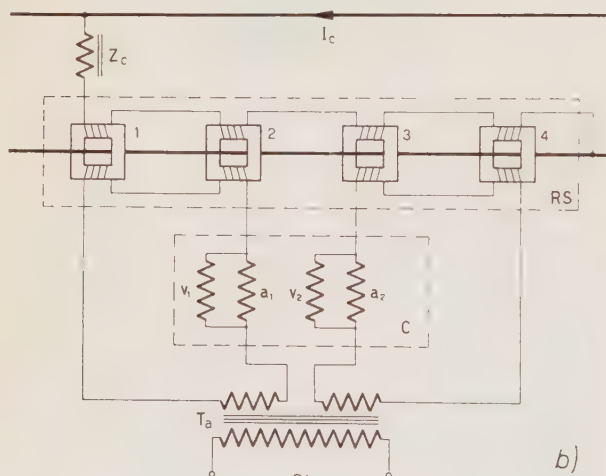


Fig. 12 b). — Schema di principio del dispositivo di misura di energia in reti alimentate da tensione continua fortemente variabile impiegante un contatore C costituito da due equipaggi del tipo Ri^2 montati coassialmente ed inseriti su di un unico trasformatore di misura RS .

I trasformatori di misura per corrente continua stanno avendo notevole diffusione anche in Italia soprattutto in sistemi automatici di regolazione della corrente continua ed in sistemi di misura di energia in reti a corrente continua; già allo stato attuale, specialmente nel secondo caso, si rende indispensabile una normalizzazione di caratteristiche e di prestazioni onde rendere possibile la intercambiabilità tra i tipi prodotti dai diversi costruttori. A similitudine dei riduttori per corrente alternata, i trasformatori di misura per corrente continua si potrebbero suddividere in tre classi (R , P , S) secondo che vengano impiegati per misure di tensione o correnti, per misure di energia industriali e per complessi campioni. Ove la proposta incontri il favore dei costruttori e l'approvazione del CEI, la determinazione delle caratteristiche di ciascuna classe, nonché gli schemi elettrici da adottarsi per il rilievo delle varie caratteristiche, potrebbe essere oggetto di un successivo lavoro.

L'Autore desidera vivamente ringraziare il prof. ing. Guido Maione, Direttore dell'Istituto Elettrotecnico per averlo costantemente incoraggiato nello svolgimento del presente lavoro e l'ing. Piero Lecchi, Direttore della Co.Ge.Co., per avere cortesemente concesso la divulgazione dei dati industriali riportati nel presente articolo.

APPENDICE A

Elenco dei simboli usati.

- α_n = angolo di sfasamento dell'armonica n_{esima} della corrente di uscita rispetto alla tensione di alimentazione;
- α_c = angolo di conduzione;
- α_i = angolo di innesco;
- β = $\arctg \frac{\omega L_c'}{R_c'}$;
- γ = $\arctg \frac{\omega L_a'}{R_a}$;
- δ = $\arctg \frac{\omega (L_a' + L_c')}{R_a + R_c'}$;
- ϵ_1 = errore di linearità;
- ϵ_f = errore di fase = $90 - \alpha_1$;
- $\theta_0 = \omega t_0$ = angolo che definisce il valore della tensione di alimentazione in corrispondenza del quale viene applicata tensione al circuito di comando;
- $\theta_1 \dots \theta_n$ = angoli successivi di passaggio da un modo di funzionamento ad un altro a partire da 0;
- $\theta', \theta'', \theta''', \theta''''$ = angoli che definiscono gli istanti di passaggio da un modo di funzionamento all'altro nelle condizioni di regime;
- ν = valore limite dell'angolo di innesco;
- ω = pulsazione della tensione di alimentazione;
- φ_1, φ_2 = flussi prodotti nei nuclei 1 e 2;
- Φ_s = flusso di saturazione;
- Φ_c = flusso prodotto dal campo continuo di comando;
- a_n, b_n = coefficienti di Fourier dell'armonica n_{esima} ;
- B = valore massimo dell'induzione in ciascun nucleo;
- B_s = induzione di saturazione;
- e_1, e_2 = valore istantaneo delle c.f.e.m. prodotte da ciascun avvolgimento di uscita;
- $e_a = e_1 + e_2$ = valore istantaneo della c.f.e.m. complessiva;
- e_c = valore istantaneo della f.e.m. indotta nel circuito di comando;
- E_s = tensione di saturazione = $2 \omega N_a B_s S$;
- f = frequenza della tensione di alimentazione;
- f_f = fattore di forma della corrente di uscita;
- h = valore istantaneo del campo in ciascun nucleo;
- H_c = forza magnetomotrice prodotta in ciascun nucleo dalla corrente continua di comando;

K', K'' = coefficienti angolari della spezzata rappresentativa della caratteristica magnetica schematizzata in fig. 2 a;

i_a, I_a, I_{am}, I_{aM} = valori istantaneo, efficace, medio e massimo della corrente di uscita;

I_{a1M} = valore massimo dell'armonica fondamentale della corrente di uscita;

i_c = valore istantaneo della corrente di comando;

I_{cm} = valore della componente continua della corrente di comando;

I_c' = corrente di comando riferita al circuito di uscita = $N_c I_{cm}/N_a$;

I'_{cmaz} = 0,636 V_{aM}/R_a = valore limite della corrente I_c' ;

L_a, L_c = induttanze del circuito di utilizzazione e di comando;

$L_a' = L_a + 2 K'' N_a^2$;

$L_c' = L_c \left(\frac{N_a}{N_c} \right)^2 + 2 K'' N_a^2$;

$L_e = L_a' + L_c'$;

N_a, N_c = numero di spire degli avvolgimenti di uscita e di comando;

R_a, R_c = resistenze del circuito di utilizzazione e di comando;

$R_c' = R_c \left(\frac{N_a}{N_c} \right)^2$;

$R_e = R_a + R_c'$;

S = sezione di ciascun nucleo;

$t_1 \dots t_n$ = istanti successivi di passaggio da un modo di funzionamento ad un altro a partire da t_0 ;

v_a, V_a, V_{am}, V_{aM} = valori istantaneo, efficace, medio e massimo della tensione di alimentazione;

v_c = valore istantaneo della componente alternativa della tensione applicata al circuito di comando;

V_{cm} = valore della componente continua della tensione applicata al circuito di comando;

$Z_a = \sqrt{R_a^2 + (\omega L_a)^2}$;

$Z_c' = \sqrt{R_c'^2 + (\omega L_c')^2}$;

$Z_e = \sqrt{R_e^2 + (\omega L_e)^2}$;

Z_{cr} = impedenza critica;

APPENDICE B

Analisi armonica delle correnti di uscita.

a) Funzionamento a magnetizzazione libera.

I coefficienti di Fourier nell'armonica fondamentale della corrente di uscita avente la forma d'onda indicata in fig. 3 a), nell'ipotesi che $V_{aM}/R_a = 1$, sono:

$$(12) \quad a_1 = \frac{2}{\pi} \int_{\pi - \alpha_c}^{\pi} \sin \omega t \cos \omega t d(\omega t) = - \frac{\sin^2 \alpha_c}{\pi}$$

$$(13) \quad b_1 = \frac{2}{\pi} \int_{\pi - \alpha_c}^{\pi} \sin^2 \omega t d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} (2\alpha_c - \sin 2\alpha_c).$$

L'ampiezza dell'armonica fondamentale ed il relativo angolo di fase rispetto alla tensione v_a di alimentazione risultano:

$$(14) \quad I_{a1M} = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\sin^4 \alpha_c + \frac{1}{4} (2\alpha_c - \sin 2\alpha_c)^2}$$

$$(15) \quad \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{a_1}{b_1} = - \frac{2 \sin^2 \alpha_c}{2\alpha_c - \sin 2\alpha_c}.$$

b) Funzionamento a magnetizzazione forzata.

Sempre nell'ipotesi che $V_{aM}/R_a = 1$, i coefficienti di Fourier dell'armonica fondamentale contenuta nella forma d'onda della corrente di uscita di una reattanza saturabile a magnetizzazione forzata funzionante in zona B (cfr. fig. 13) sono:

$$(16) \quad a_1 = - \frac{2}{\pi} \int_{\alpha_i}^{\nu} \sin \omega t \cos \omega t d(\omega t) + \frac{2 I_c'}{\pi} \int_{\alpha_i + \pi}^{\alpha_i + \pi} \cos \omega t d(\omega t) =$$

$$= \frac{1}{\pi} \sin(\nu + \alpha_i) \sin(\nu - \alpha_i) +$$

$$- \frac{4 I_c'}{\pi} \sin \frac{\alpha_i + \nu}{2} \cos \frac{\alpha_i - \nu}{2}$$

$$(17) \quad b_1 = \frac{2}{\pi} \int_{\alpha_i}^{\nu} \sin^2 \omega t d(\omega t) + \frac{2 I_c'}{\pi} \int_{\alpha_i + \pi}^{\alpha_i + \pi} \sin \omega t d(\omega t) =$$

$$= \frac{1}{\pi} \sin(\alpha_i - \nu) \cos(\nu + \alpha_i) +$$

$$+ \frac{4 I_c'}{\pi} \cos \frac{\alpha_i + \nu}{2} \cos \frac{\nu - \alpha_i}{2} + \frac{1}{\pi} (\nu - \alpha_i).$$

La relazione che lega α_i con ν è la seguente (cfr. art. (6)):

$$(18) \quad \cos \alpha_i + \cos \nu - (\alpha_i + \pi - \nu) \sin \nu = 0.$$

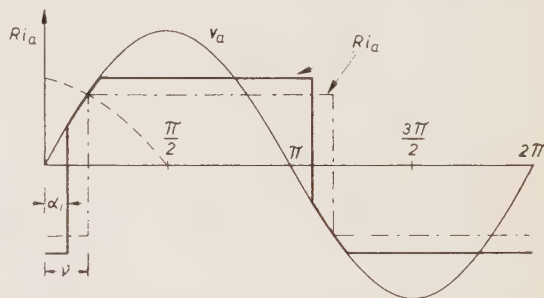


Fig. 13. — Forma d'onda della corrente di uscita di una reattanza saturabile a magnetizzazione forzata funzionante in zona B.

Come caso particolare delle (16) e (17) per $\alpha_i = \nu$ (zona A di funzionamento) si ottiene:

$$(19) \quad a_1 = - \frac{4}{\pi} I_c' \sin \alpha_i$$

$$(20) \quad b_1 = \frac{4}{\pi} I_c' \cos \alpha_i$$

e quindi

$$(21) \quad I_{a1M} = \frac{4}{\pi} I_c'$$

$$(22) \quad \alpha_1 = \alpha_i$$

le quali consentono di tracciare le caratteristiche di ampiezza e di fase, nota la relazione che lega l'angolo di innesco alla corrente di comando, nella zona A, che è la seguente:

$$\cos \alpha_i = \frac{I_c' R_a}{V_{aM}} = I_c'$$

per le ipotesi poste a base della presente trattazione.

Manoscritto pervenuto il 25 febbraio 1960.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. G. MILES: *Bibliography of Magnetic Amplifiers Devices and Saturable Reactor Art.* - «Trans. A.I.E.E.», vol. 70, p. II (1951), pagg. 2104÷2123.
- [2] A. I.E.E. COMITEE REPORT: *Magnetic Amplifiers Bibliography 1951-1956.* - «Trans. A.I.E.E.», vol. 77, p. II (1958), pagg. 613-627.
- [3] A.I.E.E. COMITEE REPORT: *Magnetic Amplifiers Bibliography 1958.* - «Trans. A.I.E.E.», vol. 77, p. I (1958), pagg. 1051÷1057.
- [4] G. SAVASTANO: *Gli amplificatori magnetici.* - «Rendiconti A.E.I.», 1949, fasc. IV, pagg. 137÷149.
- [5] G. SAVASTANO-M. PEREZ DE VERA: *La misura dell'energia nelle reti a corrente continua con un contatore monofase ad induzione.* - «L'Energia Elettrica», vol. XXXIII (1956), n. 6.
- [6] H. F. STORM: *Series connected saturable reactor with control source of comparatively high impedance.* - «Trans. AIEE», vol. 69, 1950, P. II, pagg. 1299÷1308.
- [7] H. F. STORM: *Magnetic Amplifiers.* - John Wiley & Sons (1955).
- [8] T. G. WILSON: *Series-Connected Magnetic Amplifier with Inductive Loading.* - «Trans. A.I.E.E.», vol. 68, p. I (1952), pagg. 101÷110.
- [9] G. SAVASTANO-M. PEREZ DE VERA: *I materiali magnetici metallici a cicli di isteresi rettangolari e loro applicazioni.* - «Rendiconti A.E.I.» (1954).
- [10] G. SAVASTANO: *Gli analizzatori differenziali numerici.* - «L'Elettrotecnica», vol. 45 (1958), pagg. 202÷212.
- [11] R. SPAMPINATO: *Le funzioni speciali degli analizzatori differenziali numerici.* - In corso di stampa su «L'Elettrotecnica».
- [12] G. SAVASTANO: *Some applications of Digital Differential Analyzers.* - «Proc. 2^d Intern. Analogue Computation Meetings», pagg. 409÷420.
- [13] G. SAVASTANO: *The simulation of Saturable Reactors with Digital Differential Analyzers* (in corso di stampa su «Proc. of the Intern. Ass. for Analog Computation»).
- [14] G. SAVASTANO: *Le reattanze saturabili alimentate con tensione di forma rettangolare.* - (In corso di stampa su «L'Elettrotecnica»).
- [15] R. C. BARKER: *The Series Magnetic Amplifier.* - «Trans. A.I.E.E.», vol. 75, p. I (1956), pagg. 819÷831.
- [16] F. GASPARINI - L. MERIGLIANO: *Trasduttori amperometrici in regime permanente.* - «L'Elettrotecnica», vol. XLVI (1959), n. 4, pagg. 238÷249.
- [17] G. SAVASTANO: *Contatore monofase impiegato come amperometro in reti a corrente continua.* - «Brev. Ital.», n. 587.933 (1958).
- [18] G. SAVASTANO: *Dispositivo per la integrazione nel tempo del prodotto di due funzioni comunque variabili.* - «Brev. Ital.», n. 553.594 (1956).

VERIFICA DEL COMPORTAMENTO DINAMICO DEI TRASFORMATORI IN CONDIZIONI DI CORTO CIRCUITO A TENSIONE NOMINALE

CINIERO A. (*)

Viene esposto un metodo sperimentale che impiega sonde elettromagnetiche per rilevare la configurazione del flusso radiale di dispersione degli avvolgimenti dei trasformatori del tipo a colonne, il che permette di controllare la fondatezza delle ipotesi poste a base dei calcoli degli sforzi di corto circuito, e di determinare sperimentalmente gli sforzi stessi.

Viene poi descritto un metodo per accertare se un trasformatore ha sopportato senza danno la prova di corto circuito a piena tensione nominale, senza necessità di estrarlo dalla cassa.

Si riportano i risultati di prove eseguite su due trasformatori di media potenza.

In appendice sono esposte, in forma semplice, alcune notizie sulla origine e sulla natura delle forze alle quali vengono sottoposti, durante un corto circuito, i due avvolgimenti dei trasformatori del tipo a colonne

DETERMINAZIONE DELLE FORZE ASSIALI PER MEZZO DELLA MISURA DEL FLUSSO RADIALE MEDIANTE SONDE ELETTROMAGNETICHE.

La determinazione degli sforzi elettrodinamici dovuti a un corto circuito di qualsiasi tipo (come, per esempio, quello tra i tre morsetti di linea, quello tra i due morsetti di linea, quello tra un morsetto di linea e il neutro, nel caso di linee aventi il neutro a terra) e la verifica della resistenza a queste sollecitazioni hanno acquistato, in questi ultimi anni, un'importanza sempre più grande nella costruzione dei trasformatori.

Difatti, da una parte, la interconnessione delle linee elettriche ad alta tensione, estendendosi di anno in anno anche al di là dei confini nazionali, provoca un continuo aumento della potenza circolante e perciò della severità dei fenomeni di corto circuito, e, d'altra parte, le sollecitazioni meccaniche specifiche dei materiali costituenti trasformatori sono accresciute dalla tendenza costante verso l'impiego di unità di potenza sempre più grande. (È noto infatti che le sollecitazioni specifiche aumentano con il crescere della potenza).

La determinazione delle forze che si producono negli avvolgimenti dipende essenzialmente dalla conoscenza della distribuzione del flusso di dispersione. Infatti, è noto che il valore istantaneo della forza che agisce su un conduttore, percorso da una corrente di valore istantaneo I , e immerso in un campo di induzione B , è proporzionale a $B \wedge I$.

Le prime misure dirette del flusso disperso furono eseguita da W. Waters e le nozioni teoriche e i risultati sono descritti nei « Technical Reports 101 - 101/A - 113 - 134 - 143 - 144 della British Electrical Research Association.

Il Waters si occupò di trasformatori del tipo a colonne e basò le sue ricerche sulla seguente semplice considerazione: se le linee di induzione fossero rettilinee e parallele all'asse degli avvolgimenti, tutte le spire sarebbero sede di forze elettromotrici identiche. Poichè, invece, le linee di induzione sono curve, il flusso concatenato varia da

spira a spira e le forze elettromotrici, di cui queste sono sede, sono diverse tra loro. La differenza tra le forze elettromotrici di due spire è proporzionale alla differenza dei flussi con esse concatenate, cioè in pratica al valore del flusso trasversale compreso tra i rispettivi piani.

In base a questo presupposto il Waters determinava il flusso radiale compreso tra due bobine di un trasformatore del tipo a colonne, misurando le differenze di tensioni esistenti tra le bobine stesse.

Questo sistema può essere sperimentalmente applicato solamente ai trasformatori dove sono accessibili i terminali di tutte le bobine di uno dei due avvolgimenti, altrimenti si deve ricorrere a modelli.

In quest'ultimo caso, però, si deve dare credito alla ipotesi, invero poco attendibile, che le dispersioni del flusso del modello siano simili a quelle dell'originale.

Con il metodo del Waters, inoltre, si può determinare la distribuzione del flusso radiale lungo l'asse degli avvolgimenti, ma non si può determinare come questo flusso è distribuito nel piano perpendicolare all'asse degli avvolgimenti.

Quasi contemporaneamente al Waters, in Germania, il Knaack migliorava lo studio del campo magnetico di dispersione con misure a mezzo di «sonde»; questo sistema è stato poi adottato anche in Cecoslovacchia ed in Francia specialmente dalla Electricité de France.

Le sonde sono costituite da bobine piatte, aventi lunghezza uguale all'altezza dell'avvolgimento e avvolte su supporti solidi di forma adattabile alla curvatura dell'avvolgimento.

È evidente che, se una sonda di tale tipo venisse appoggiata contro la superficie di uno dei due avvolgimenti di un trasformatore ad amperspire perfettamente compensate, la tensione ai terminali della sonda sarebbe zero, perchè la componente radiale del flusso di dispersione, simmetrica rispetto alla mezzaria orizzontale degli avvolgimenti, indurrebbe tensioni uguali e di senso contrario.

Se si adotta, invece, una sonda di lunghezza uguale alla metà dell'altezza di un avvolgimento, si può misurare il flusso radiale su metà avvolgimento e, ripetendo le misure intorno all'avvolgimento, si può determinare il flusso radiale in corrispondenza di ogni generatrice.

Questo metodo può essere ancora migliorato, adottando sonde di piccole dimensioni.

Presso le Industrie Elettriche di Legnano si sono fatti esperimenti con sonde costituite da bobine di forma rettangolare di lati 2×4 cm incassate in supporti flessibili di spessore di 2 mm. Queste sonde possono essere appoggiate contro tutte le superfici interne ed esterne degli avvolgimenti e forniscono tensioni indotte che vengono misurate con voltmetro elettronico.

In questo modo è possibile ottenere, punto per punto, la distribuzione del campo radiale e calcolare le forze corrispondenti.

Negli ultimi anni, presso le Industrie Elettriche di Legnano, sono stati eseguiti rilievi su un gran numero di trasformatori fuori cassa, in quanto è stato dimostrato sperimentalmente che l'influenza di questa è del tutto trascurabile.

(*) Dr. ing. ANTONIO CINIERO delle Industrie Elettriche di Legnano.

Inoltre su uno stesso trasformatore sono stati eseguiti esperimenti con diversi valori di corrente variabili dal valore di piena corrente nominale di targa a un decimo circa del suddetto valore, ed è stata riscontrata una proporzionalità lineare tra i valori delle tensioni indotte nelle sonde e i valori delle correnti.

Grazie a questa proporzionalità, che è stata controllata su una decina di trasformatori, i rilievi vengono ora eseguiti alimentando uno dei due avvolgimenti, con tensioni di valore modesto, generalmente 380 o 220 V, mentre l'altro avvolgimento è chiuso in corto circuito.

È questo un vantaggio non indifferente, sia per la sicurezza dell'operatore e degli strumenti di misura, sia per una migliore condotta degli esperimenti, che possono essere prolungati per una o due ore senza che la temperatura degli avvolgimenti raggiunga valori elevati.

Se si vuole, per esempio, eseguire il rilievo della distribuzione del campo radiale su una generatrice della superficie esterna dell'avvolgimento di diametro maggiore, basta adagiare successivamente la sonda su vari punti della generatrice e misurare le tensioni indotte con un voltmetro elettronico. È necessario anche registrare la polarità delle tensioni indotte con un oscillografo se si desidera rilevare il senso del flusso disperso.

Con un semplice calcolo, poi, noti il numero delle spire e le dimensioni geometriche della sonda, è possibile dedurre il valore dell'induzione del campo dovuto alla componente radiale del flusso di dispersione.

Prevedendo, poi, opportune cave negli isolanti delle testate degli avvolgimenti, si può introdurre la sonda negli spazi intermedi ed eseguire, quindi, rilievi su tutte le superfici degli avvolgimenti.

Facendo, infine, ruotare la sonda intorno a un suo asse orizzontale si può determinare in ogni punto la direzione del campo, prescindendo da una eventuale presenza di una componente tangenziale che non ha interesse ai fini della presente ricerca.

I diagrammi dei primi rilievi, effettuati circa due anni or sono, rivelarono andamenti alquanto irregolari dei flussi e non si riusciva a rendersi conto come avvolgimenti privi di prese, aventi uguale altezza, presentassero asimmetrie nell'andamento del flusso radiale.

Si constatò che per ottenere la simmetria perfetta del diagramma del flusso radiale era necessario che i due avvolgimenti fossero progettati e costruiti ad amperspire compensate.

Difatti fu costruito un trasformatore monofase da 400 kVA con una sola colonna avvolta. Gli avvolgimenti, aventi rapporto 6 000/6 000 V, erano perfettamente uguali con lo stesso numero di bobine e di spire; le dimensioni dei singoli conduttori erano le stesse per ambedue gli avvolgimenti.

Al fine di essere certi che tra i due avvolgimenti non esistesse alcuna dissimmetria in altezza furono previsti distanziatori orizzontali, comuni alle bobine camplanari di ambedue gli avvolgimenti e gran cura fu posta perché gli avvolgimenti risultassero perfettamente centrati.

Fu realizzato così un trasformatore «veramente ad amperspire compensate».

La fig. 1 mostra (disegnato con linea intera) il diagramma delle tensioni indotte nelle sonde su una generatrice della superficie esterna dell'avvolgimento esterno. Si nota che il diagramma è praticamente simmetrico rispetto all'asse verticale ad eccezione di piccole zone, al centro, di estensione del tutto trascurabile.

Interessante notare che si verificano ben sette punti di zero, cioè sette punti in cui il flusso radiale è nullo. Al fine di rilevare l'influenza della corrente a vuoto, gli avvolgimenti furono collegati in serie controversa in modo che fossero percorsi da una stessa corrente; i valori misurati diminuirono di pochi percento (1÷2 %).

I rilievi furono eseguiti, per una stessa superficie di avvolgimenti, su diverse generatrici sia nella zona compresa tra le colonne del nucleo sia nella zona esterna.

Interessante notare che i punti di zero non si trovano, per le varie generatrici su uno stesso piano normale all'asse degli avvolgimenti; la differenza in altezza varia dal 2 al 5 % dell'altezza dell'avvolgimento stesso.

Importanti deformazioni del campo si ottengono quando si eliminano delle bobine su uno dei due avvolgimenti o si crea un corto circuito tra due bobine di uno stesso avvolgimento. A titolo di esempio viene mostrato il diagramma (linea tratteggiata) che rappresenta l'andamento del flusso radiale quando si elimina una bobina in testa dell'avvolgimento esterno, corrispondente a una diminuzione in altezza del 2,5 %. È facile calcolare che, in questo caso, si manifesta uno sforzo assiale su una mezza colonna di valore circa 3 volte quello precedente e diretto verso gli organi di ammassaggio.

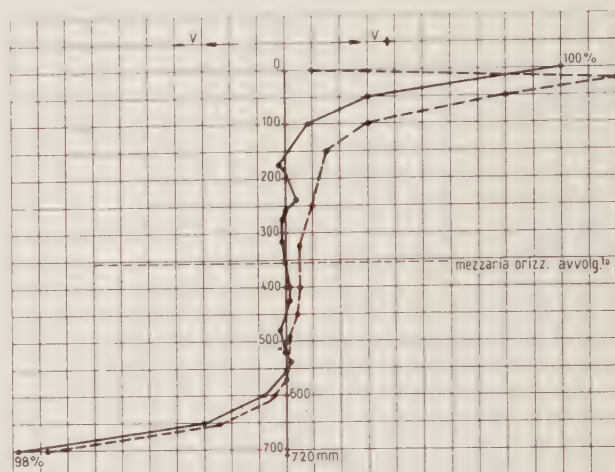


Fig. 1.

Nel diagramma sono state indicate le tensioni delle sonde, espresse in percento del valore massimo; è ovvio che tale diagramma rappresenta anche l'andamento della componente radiale del flusso di dispersione e dell'induzione di questo flusso.

Noto il valore dell'induzione B , è poi facile calcolare la forza di compressione degli avvolgimenti, la forza assiale con la quale gli avvolgimenti vengono spinti contro i sistemi di ammassaggio e le altre forze che interessano ai fini del progetto.

Questo metodo di misura, che permette di rilevare, punto per punto, la distribuzione del flusso di dispersione, non solo serve a integrare il metodo del calcolo delle forze, ma soprattutto a rilevare quale è la distribuzione del campo alla fine dell'operazione di trattamento del trasformatore prima della messa in cassa.

È noto infatti che, anche se il montaggio degli avvolgimenti potesse essere eseguito alla perfezione e le bobine fossero esattamente centrate, il trattamento provoca dei ritiri e degli spostamenti.

Specialmente per i trasformatori di grande potenza, con misure del tipo di quello descritto, si può determinare, dopo l'essiccamento, la reale distribuzione delle amperspire, e, progettando in maniera opportuna l'avvolgimento di alta tensione, posto all'esterno, è possibile apportare, dopo l'essiccamento, adattamenti ritocchi all'avvolgimento stesso, se di tipo a disco o ad elica in uno strato, in modo da eliminare le deformazioni del campo, derivanti dalle operazioni di trattamento, che provocano andamenti irregolari nei diagrammi dei flussi.

A titolo di esempio, la fig. 2 mostra il diagramma delle tensioni indotte nelle sonde applicate su una generatrice dell'avvolgimento esterno di un trasformatore da 100 MVA; 13,8/230 kV; con avvolgimento di A.T. del tipo a disco, prima della messa in cassa.

Si rileva che il diagramma è molto regolare e simme-

trico e gli sforzi assiali risultanti, quindi, sono ridotti al minimo.

È ovvio, da quanto esposto, che gli eventuali ritocchi all'avvolgimento esterno possono essere apportati solamente se l'avvolgimento è del tipo a disco, od elicoidale in un solo strato, e non a quelli del tipo a strati multipli.

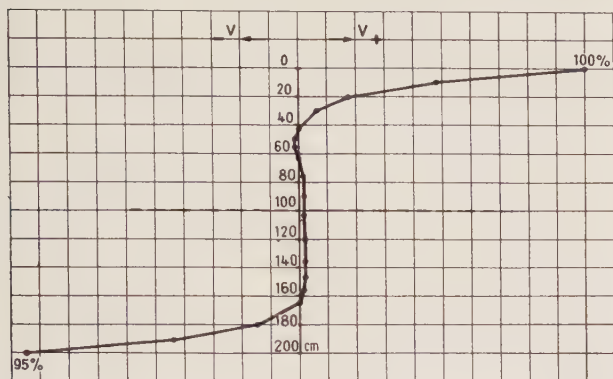


Fig. 2.

La fig. 3 mostra infine il diagramma dei valori dell'induzione del campo lungo una generatrice dell'avvolgimento esterno di un trasformatore da 8 MVA; $11\,500 \pm \pm 5\%/10\,000\text{ V}$, costruito appositamente con la zona di commutazione sull'avvolgimento di alta tensione dissimetrica rispetto all'avvolgimento allo scopo di aumentare notevolmente il valore dello sforzo assiale.

La curva tratteggiata si riferisce alla condizione di tutte le spire inserite e la curva piena alla condizione di 10 % spire escluse.

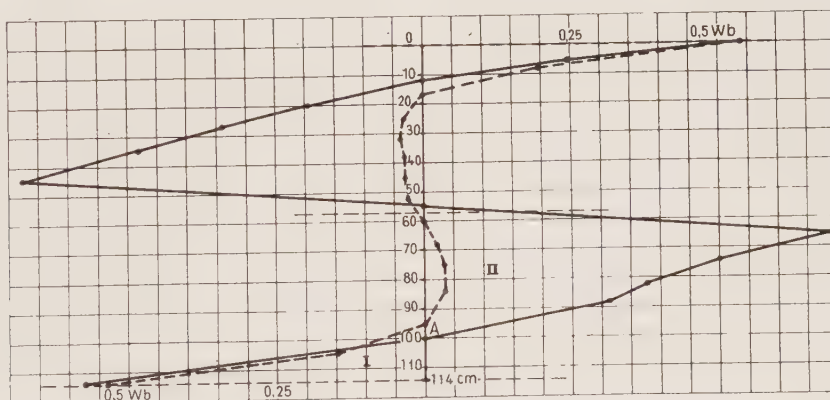


Fig. 3.

Ogni curva rappresenta la media tra le misure rilevate sulle sonde inserite lungo le generatrici della superficie interna e della superficie esterna dell'avvolgimento esterno; si è adottato il criterio di fare la media perchè le differenze rispetto alla media sono risultate di circa il 5 %.

Poichè il diagramma risulta quasi simmetrico rispetto alla mezzaria, si può ragionare solamente su una metà dell'avvolgimento, per esempio l'inferiore.

Nel diagramma occorre distinguere due zone:

— una prima zona, nella quale il flusso radiale è dovuto essenzialmente all'andamento non rettilineo delle linee di induzione del flusso stesso;

— una seconda zona, nella quale il flusso radiale è dovuto allo squilibrio delle amperspire.

La forza provocata dal flusso della zona n. 1 tende a comprimere l'avvolgimento su se stesso, mentre la forza provocata dal flusso della zona n. 2 tende a spingere l'avvolgimento verso il basso.

Noti il valore dell'induzione e quello delle amperspire

di corto circuito si sono calcolate le pressioni sui distanziatori; nel punto A la pressione è risultata di circa 300 kg per cm^2 mentre quella sui blocchi di ammassaggio circa 200 kg per cm^2 .

Questo metodo di indagine del campo di dispersione e delle forze può essere paragonato a quello adottato per verificare la distribuzione della tensione in un avvolgimento sotto l'azione di un'onda ad impulso con il generatore ad impulsi ricorrenti in bassa tensione.

ACCERTAMENTO DELLA INCOLUMITÀ DEGLI AVVOLGIMENTI DI UN TRASFORMATORE DOPO L'ESECUZIONE DELLE PROVE DI CORTO CIRCUITO A TENSIONE NOMINALE.

Prendiamo ora in considerazione la possibilità di sottoporre un trasformatore a corto circuito a tensione nominale in sede di prova per determinare la sua resistenza a questo tipo di sollecitazione.

Oggi esistono sale prove dotate di potenza sufficiente a sottoporre trasformatori, anche di potenza ragguardevole, a un certo circuito con tensione piena e sostenuta, e sotto questo aspetto non vi sono difficoltà insormontabili.

Ma l'ostacolo maggiore sorge quando si vuole accertare l'effetto provocato dalle prove sul trasformatore. Generalmente si ricorre alla estrazione del trasformatore dalla cassa e, se anche si può evitare di smontare gli avvolgimenti, si deve in ogni caso ripetere l'essiccamento del trasformatore.

L'applicazione delle sonde, con il metodo in seguito descritto, permette un controllo molto sensibile senza alcuna necessità di smontare il trasformatore.

Su una generatrice dell'avvolgimento esterno vengono collocate, a una distanza di sicurezza, due sonde aventi ugual numero di spire, uguali dimensioni, di lunghezza uguale alla metà dell'altezza dell'avvolgimento (fig. 4).

Poichè le tensioni indotte nelle sonde sono più o meno uguali in valore assoluto, ma di senso contrario, colle-

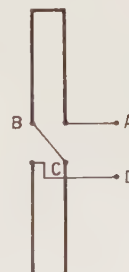


Fig. 4.

gando in serie i terminali B-C, la tensione totale misurata fra i morsetti esterni, uguale alla somma algebrica

cioè alla differenza dei valori assoluti, assume un valore piccolo.

Qualsiasi variazione nelle tensioni parziali AB e CD esalta enormemente il valore della tensione AD .

Il valore della tensione AD può essere misurato per mezzo di un voltmetro elettronico e la forma d'onda può essere rilevata per mezzo di un oscillografo.

Data la grande sensibilità della misura delle sonde, un piccolissimo spostamento degli avvolgimenti provoca una variazione del flusso radiale e quindi della tensione nel complesso delle sonde.

Questo fenomeno può essere sfruttato per registrare eventuali deformazioni dell'avvolgimento durante il corto circuito.

Un metodo di operare è il seguente:

Collegato in corto circuito uno dei due avvolgimenti di un trasformatore, si alimenta l'altro avvolgimento con tensione piena e sostenuta di valore uguale a metà della nominale; durante il periodo di corto circuito si registra con l'oscillografo la tensione indotta nel complesso delle sonde.

Si alimenta, poi, il trasformatore nelle stesse condizioni della prova precedente, ma con una tensione uguale a quella nominale e si registra con l'oscillografo la tensione indotta nel complesso delle sonde, dimezzando il valore della sensibilità dell'oscillografo. Se l'avvolgimento non è deformato i due oscillogrammi sono perfettamente sovrapponibili, analogamente a quanto si fa per le prove ad impulso.

In caso di prove ripetute, si dà all'operatore e al progettista la possibilità di una condotta razionale delle prove e di un rilievo progressivo di una avaria.

Questo metodo è stato adottato con esito soddisfacente durante prove di corto circuito eseguite al Centro Sperimentale Italiano (CESI) di Lambrate.

Prima di descrivere le prove, è utile ricordare che, quando un trasformatore, alimentato a tensione nominale, viene improvvisamente cortocircuitato ai morsetti del secondario, le correnti che percorrono gli avvolgimenti, immediatamente dopo il corto circuito, constano di una componente permanente alternata e di una componente transitoria unidirezionale.

La componente alternata ha valore efficace uguale alla corrente nominale diviso per il valore della tensione di corto circuito, espresso in valore unitario, mentre la corrente unidirezionale ha un valore iniziale diverso a seconda dell'istante in cui avviene il corto circuito e, che, nel caso più sfavorevole risulta uguale al massimo della componente alternata; essa poi si riduce a zero attenuandosi con legge esponenziale in alcuni periodi.

Il valore massimo della corrente complessiva, che sarebbe uguale a $2\sqrt{2}$ volte il valore efficace della corrente permanente se non vi fossero fenomeni di attenuazione, risulta in realtà un po' minore e praticamente uguale a 2,5 volte il suddetto valore efficace.

Nel seguito chiamerò «fattore di asimmetria» il rapporto tra il suddetto valore massimo e quello del valore efficace della corrente alternata di corto circuito.

Le prove sono state realizzate in modo che il corto circuito si verificasse nell'istante di corrente massima cioè in quello in cui il fattore di asimmetria raggiunge il valore massimo.

I trasformatori sottoposti a prove erano tutti trifasi, e, pur essendo costruiti per isolamento in olio, sono stati provati in aria allo scopo di confrontare i rilievi delle sonde con la registrazione cinematografica del fenomeno stesso.

Per tale motivo gli avvolgimenti di A.T. erano stati sostituiti con altri a tensione più bassa.

Caratteristiche dei trasformatori durante la prova:

Potenza (kVA)	Rapporto di trasf. (Volt)	Tensione di corto circuito
6 000	10 000 \pm 5% / 2 400	8%
8 000	11 500 \pm 5% / 10 000	7%

Sul trasformatore da 6 000 kVA le prove sono state eseguite con le tre fasi di ciascun avvolgimento separate tra loro e sono stati applicati cortocircuiti monofasi, escludendo l'influenza reciproca delle amperspire delle diverse colonne.

Sulla fase A si è alimentato l'avvolgimento di alta tensione quando quello di bassa tensione era già collegato in corto circuito.

Sulle fasi B e C invece si è alimentato a vuoto l'avvolgimento di alta tensione, per circa trenta secondi, e poi si è chiuso in corto circuito l'avvolgimento di bassa tensione (fig. 5).

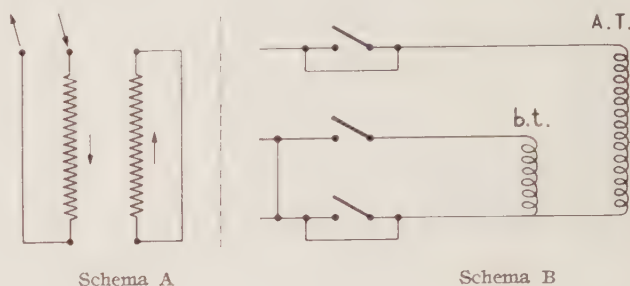


Fig. 5.

Il sistema adoperato per le fasi B e C è di gran lunga preferibile perché annulla l'influenza della corrente a vuoto sugli oscillogrammi della tensione indotta nel complesso delle sonde e toglie l'unico elemento che, al di fuori delle deformazioni degli avvolgimenti, può determinare una differenza nella forma d'onda tra gli oscillogrammi delle diverse prove.

Per ogni fase furono eseguiti un corto circuito della durata di quindici cicli con metà tensione e tre corto circuiti della stessa durata con piena tensione.

Sulle fasi A e B il commutatore di presa fu posto sulla posizione in cui tutte le spire erano inserite; sulla fase C nella posizione di massima esclusione di spire. Le sonde furono poste su un'unica generatrice nella zona sotto finestra.

I risultati delle prove sono indicati nella tabella I.

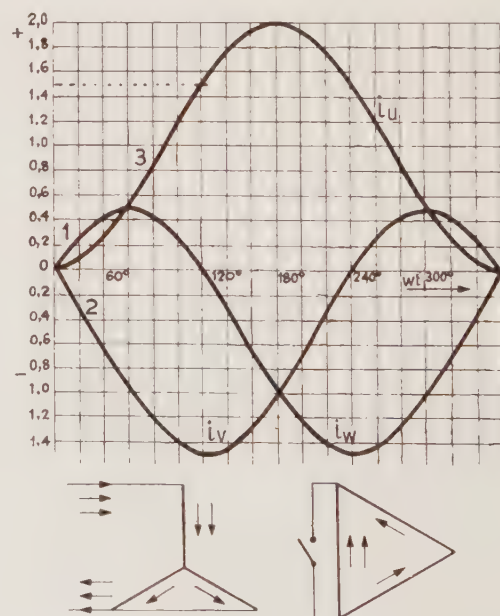


Fig. 6.

Sul trasformatore da 8 000 kVA le prove sono state eseguite con le fasi collegate in modo che ogni colonna di

TABELLA n. 1

F A S E	A		B		C	
Posizione commutatore.	Tutte le spire inserite		Tutte le spire inserite		10% di spire escluse al centro dell'avvolgimento	
Corto circuito dell'avvolgimen- to di b.t. (interno)	Già predisposto prima di ali- mentare l'avvolgimento di A.T.		Realizzato dopo l'alimentazione dell'avvolgimento di A.T.		Realizzato dopo l'alimentazione dell'avvolgimento di A.T.	
Valore della tensione di ali- mentazione dell'avvolgimen- to di A.T. (esterno)	50%	100%	50%	100%	50%	100%
Numero oscillogramma	4949	4950-4951 4952	4953	4954-4955 4956	4958	4959-4960
Osservazioni sugli oscillogram- mi delle tensioni indotte nelle sonde	I tre oscillogrammi relativi alla condizione di alimentazione del 100% coincidono tra di loro e differiscono da quello relativo alla condizione del 50% per l'influenza della corrente a vuoto		I tre oscillogrammi relativi alla condizione di alimentazione del 100% coincidono con quello relativo alla condi- zione di alimentazione del 50% Scompare l'influenza della cor- rente a vuoto		I due oscillogrammi relativi alla condizione di alimentazione del 100% coincidono tra di loro, e con quello relativo alla condizione di alimenta- zione del 50% Scompare l'influenza della cor- rente a vuoto	
Registrazione cinematografica (1600 fotogrammi al secondo)	Non si rileva alcun movimento delle bobine		Non si rileva alcun movimento delle bobine		Non si rileva alcun movimento delle bobine	

avvolgimento fosse influenzata anche dall'azione delle co-
lonne vicine (fig. 6).
Si è scelto lo schema di collegamento indicato nella
fig. 6 con l'alimentazione monofase tra un morsetto di
linea e gli altri due collegati in parallelo, e si sono rea-
lizzate in tal modo le condizioni rappresentate nel dia-
gramma all'istante di 180°.
Questo schema di collegamento presenta diversi van-
taggi.
Infatti, se si fosse alimentato un trasformatore trifase
con tensione trifase, si sarebbe potuto realizzare sola-
mente per una fase la condizione peggiore, quella cioè
che fa avvenire il corto circuito proprio nell'istante in
cui la tensione passa per lo zero e la corrente raggiunge
il suo valore massimo. Con questo schema, invece, la
suddetta condizione può essere successivamente realiz-
zata per ogni fase, cambiando la connessione tra la linea
di alimentazione e i morsetti del trasformatore.

Vi è poi un minor rischio rispetto alla prova trifase
perchè il guasto, se avviene, è limitato a una colonna, ed
è possibile eseguire tre prove su tre posizioni diverse del
commutatore, una per ogni fase.
Anche sul trasformatore da 8 MVA sono state eseguite
per ogni fase una prova con alimentazione a metà ten-
sione e tre prove con alimentazione a piena tensione.
Per le tre fasi A-B-C rispettivamente il commutatore
fu posto nella posizione di tutte le spire inserite e di spire
escluse per il 5 % e per il 10 %.
La durata del corto circuito fu di 60 cicli.
Durante le prove l'alimentazione dell'avvolgimento di
alta tensione, posto sull'esterno, fu mantenuta prima e
dopo il corto circuito dell'avvolgimento di bassa tensione,
posto all'interno, in modo da rendere possibile la regi-
strazione oscillografica della tensione indotta nel com-
plesso delle sonde della corrente a vuoto.
Durante la prova, per ogni fase, furono posti due com-

TABELLA n. 2

F A S E	A		C	
Posizione commutatore	Tutte le spire inserite		10% di spire escluse al centro dell'avvolgimento	
Corto circuito sull'avvolgimento di b.t. (interno)	Realizzato dopo l'alimentazione dell'avvolgi- mento di A.T.		Realizzato dopo l'alimentazione dell'avvolgi- mento di A.T.	
Valore della tensione di alimenta- zione dell'avvolgimento di A.T. (esterno)	50%	100%	50%	100%
Numero oscillogrammi	5923	5925-5926	5931	5932-5933-5934
Osservazioni sugli oscillogrammi delle tensioni indotte nelle sonde	I due oscillogrammi relativi alla condizione di alimentazione del 100% coincidono tra di loro e differiscono da quello relativo alla condizione di alimentazione del 50% perchè si è variata la sensibilità dell'oscillografo		I tre oscillogrammi relativi alle condizioni di alimentazione del 100% differiscono sia tra loro sia da quello relativo alla condizione di alimentazione del 50%	
Registrazione cinematografica (1600 fotogrammi al secondo)	Non si rileva alcun movimento delle bobine		Le bobine si muovono con moto alternato se- condo piani paralleli perpendicolari all'asse degli avvolgimenti. Si rompono i legni di ammarraggio	

plessi di sonde, l'uno distante 1 cm e l'altro 5 cm dalla superficie esterna dell'avvolgimento esterno, in modo da controllare l'effetto della distanza delle sonde sulla sensibilità della registrazione.

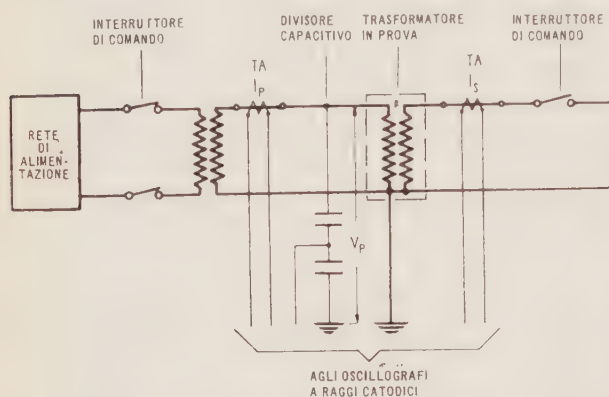
Si fa notare che il campo di commutazione sull'avvolgimento di alta tensione fu costruito in modo da risultare dissimmetrico rispetto all'avvolgimento allo scopo di aumentare notevolmente il valore dello sforzo assiale.

I risultati delle prove sono indicati nella tabella II.

CONCLUSIONI.

In ogni trasformatore ad avvolgimenti concentrici gli sforzi più temibili si manifestano in direzione assiale e sono dovuti a due fattori:

1) All'andamento non rettilineo delle linee di induzione del flusso di dispersione nello spazio tra i due avvolgimenti.



N.B. — I simboli usati sugli oscillogrammi per designare le correnti e le tensioni sono gli stessi indicati nel presente schema.

Fig. 7.

2) Alla dissimmetria costruttiva. Questo secondo fattore di difficile valutazione è molto importante e temibile agli effetti del corto circuito e purtroppo è sempre presente nei trasformatori, anche se gli avvolgimenti non sono muniti di prese, a causa delle deformazioni che subiscono gli avvolgimenti durante le varie operazioni di trattamento.

Numerosi studi teorici sono stati svolti sul calcolo degli sforzi elettrodinamici di corto circuito; il calcolo esatto e approfondito della determinazione sia dello sforzo totale sia degli sforzi localizzati, che sono i più pericolosi, porta all'impiego di macchine calcolatrici elettroniche in quanto ci si trova di fronte ad equazioni complesse che si presentano, sotto forma di serie doppia di Fourier o di Fourier-Bessel. Però qualunque metodo si segua, occorre fare delle ipotesi circa la configurazione e la posizione geometrica degli avvolgimenti, e i calcoli vengono eseguiti per una data distribuzione di amperspire dei due avvolgimenti, che in pratica non è mai verificata.

Le imperfezioni di montaggio e il ritiro dei materiali isolanti durante le operazioni di trattamento modificano la distribuzione delle amperspire, provocando, quindi, un aumento delle forze assiali in quantità più o meno rilevanti a seconda del tipo costruttivo degli avvolgimenti.

Acquista, quindi, la massima importanza la verifica della distribuzione delle amperspire degli avvolgimenti dopo tutte le operazioni di trattamento perchè solamente in base a questa distribuzione reale delle amperspire, e quindi del campo e della induzione del flusso di dispersione, si può controllare la fondatezza delle ipotesi, poste a base dei calcoli.

Naturalmente nota la distribuzione delle amperspire è

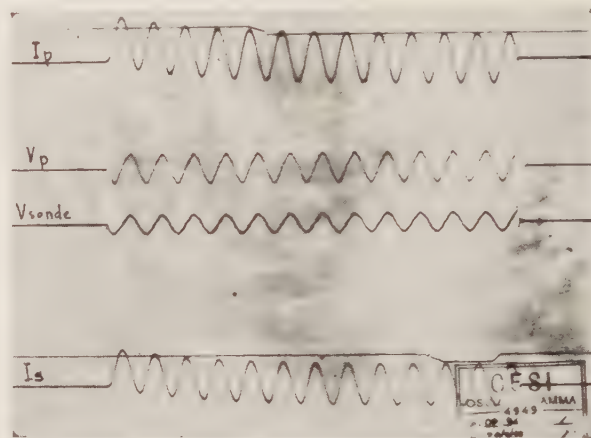
facile determinare sperimentalmente gli sforzi, anche indipendentemente dal calcolo.

Questa reale distribuzione delle amperspire può essere rilevata mediante l'uso di sonde elettromagnetiche, la cui applicazione, con il metodo prima descritto, permette anche di accertare l'effetto provocato su un trasformatore da un corto circuito con tensione piena e sostenuta, senza alcuna necessità di smontare il trasformatore.

Infine, montando opportunamente le sonde in un trasformatore, è possibile verificare gli spostamenti che subiscono gli avvolgimenti durante il normale funzionamento.

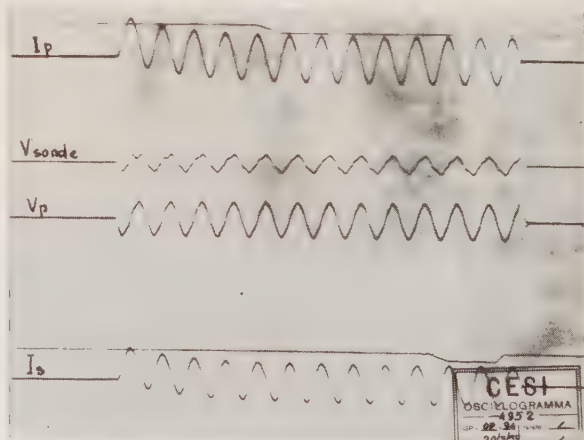
oscillogramma 4949

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_s = Tensione indotta nel complesso delle sonde
 I_s = Corrente secondaria



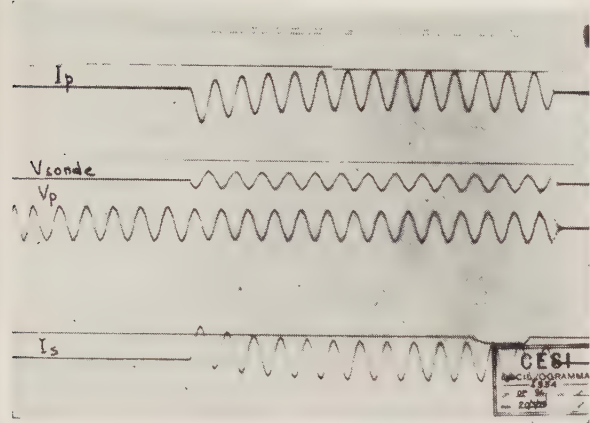
oscillogramma 4952

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_s = Tensione indotta nel complesso delle sonde
 I_s = Corrente secondaria



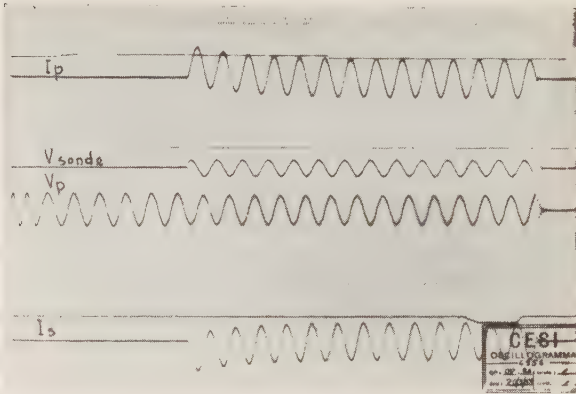
oscillogramma 4954

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_s = Tensione indotta nel complesso delle sonde
 I_s = Corrente secondaria



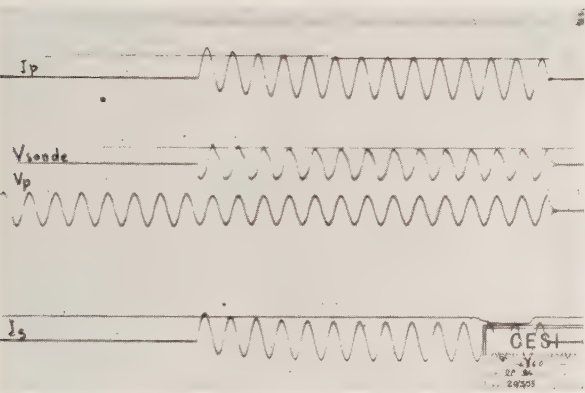
oscillogramma 4956

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_s = Tensione indotta nel complesso delle sonde
 I_s = Corrente secondaria



oscillogramma 4960

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_s = Tensione indotta nel complesso delle sonde
 I_s = Corrente secondaria



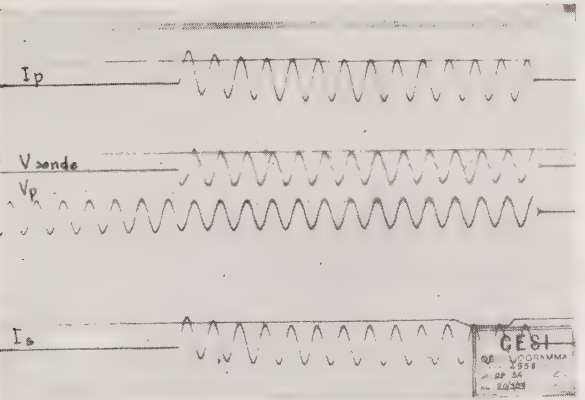
oscillogramma 5923

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_{s1} = Tensione indotta nel primo complesso di sonde
 V_{s2} = Tensione indotta nel secondo complesso di sonde
 I_s = Corrente secondaria



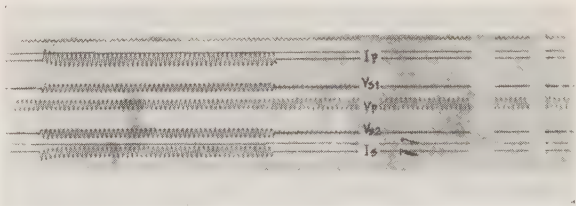
oscillogramma 4958

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_s = Tensione indotta nel complesso delle sonde
 I_s = Corrente secondaria



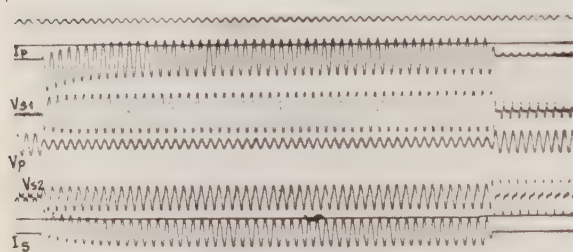
oscillogramma 5925

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_{s1} = Tensione indotta nel primo complesso di sonde
 V_{s2} = Tensione indotta nel secondo complesso di sonde
 I_s = Corrente secondaria



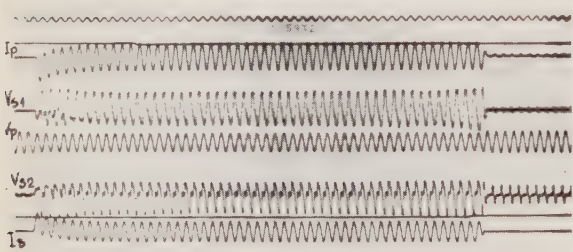
oscillogramma 5931

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_{s1} = Tensione indotta nel primo complesso di sonde
 V_{s2} = Tensione indotta nel secondo complesso di sonde
 I_s = Corrente secondaria



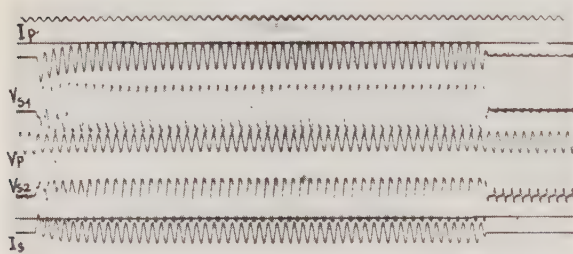
oscillogramma 5932

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_{s1} = Tensione indotta nel primo complesso di sonde
 V_{s2} = Tensione indotta nel secondo complesso di sonde
 I_s = Corrente secondaria



oscillogramma 5934

I_p = Corrente primaria
 V_p = Tensione primaria
 V_{s1} = Tensione indotta nel primo complesso di sonde
 I_s = Corrente secondaria
 V_{s2} = Tensione indotta nel secondo complesso di sonde



APPENDICE

In questa appendice vengono esposte brevemente, in forma semplice, alcune notizie sulla origine e sulla natura delle forze alle quali vengono sottoposti, durante un corto circuito, i due avvolgimenti dei trasformatori del tipo a colonne, che sono quelli considerati in questa trattazione.

Questi trasformatori sono stati distinti in due categorie:

a) trasformatori per i quali la distribuzione delle amperspire è uniforme per entrambi gli avvolgimenti. In altre parole, per ogni sezione, compresa tra due piani infinitamente vicini, e perpendicolari all'asse degli avvolgimenti, le amperspire dei due avvolgimenti sono uguali e di senso contrario, prescindendo dalla corrente a vuoto.

b) trasformatori per i quali la distribuzione delle amperspire non è la stessa per entrambi gli avvolgimenti.

I primi verranno denominati «trasformatori ad amperspire compensate» e i secondi «trasformatori ad amperspire non compensate».

Si ricorda la legge di Amper, per la quale due conduttori paralleli percorsi da correnti di senso opposto si respingono e due conduttori percorsi da corrente dello stesso senso si attraggono con una forza che è direttamente proporzionale al prodotto delle correnti ed universalmente proporzionale al quadrato della distanza.

Se si considerano, fig. 1, due conduttori paralleli A e B , normali al piano del disegno percorsi da corrente di segno opposto, si nota che si verificano forze uguali e contrarie, come indicato in figura.

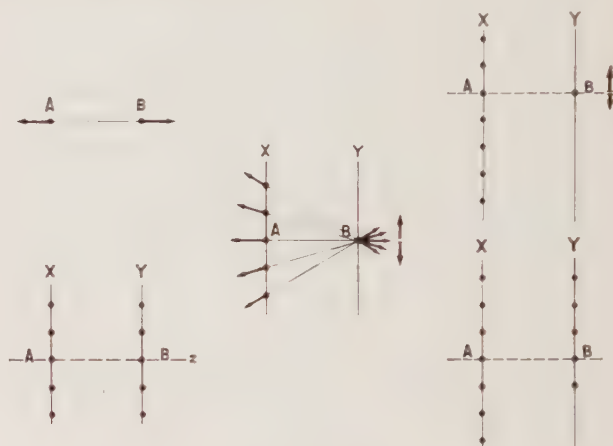


Fig. 1 - Appendice

Se nella direzione x del conduttore A si dispongono, da parte opposta, altri conduttori in numero uguale in ambedue i versi e percorsi tutti da corrente di egual valore, si nota che sul conduttore B agisce una forza che è la somma delle forze esercitate dai singoli conduttori.

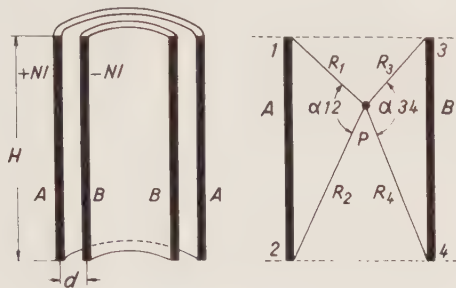
Queste forze elementari ammettono componenti nella direzione y uguali e di senso opposto, che si annullano fra di loro, per cui si può ritenere il conduttore B in equilibrio nella direzione y , perpendicolare alla congiungente AB .

Supponiamo, ora, che i conduttori, posti dalle due parti di A , non siano uguali in numero, o, pur essendo uguali in numero, non siano percorsi da correnti di egual valore; poichè la forza che agisce nel conduttore B è la somma delle forze elementari esercitate da ogni conduttore, e queste forze elementari ammettono componente nella direzione y di valore differente, il conduttore B è sottoposto da una forza che tende a spostarlo nella direzione y , prescindendo dalla componente nella direzione perpendicolare a y .

Analogamente è evidente che, se si considerano due sistemi di conduttori, perpendicolari al piano del disegno, posti alla stessa distanza e allo stesso livello, i conduttori

di *B*, per esempio, singolarmente sono soggetti a forze assiali nella direzione *y*, ma, se collegati in un sistema rigido, danno luogo a una condizione di perfetto equilibrio.

Nel caso, invece, i conduttori dei due sistemi non fossero tutti allo stesso livello, i conduttori di *B*, per esempio, sono soggetti a forze assiali nella direzione *y* sia singolarmente sia nel proprio assieme.



$$B_a \equiv \frac{NI}{H} (\alpha_{12} + \alpha_{34})$$
$$B_r \equiv \frac{NI}{H} \left(\log \frac{R_1}{R_2} + \log \frac{R_3}{R_4} \right)$$

Al centro:
 $\alpha_{12} + \alpha_{34} = 2\pi$

Alle estremità:
 $\alpha_{12} + \alpha_{34} = \pi$

Fig. 2 - Appendice

Prendiamo, ora, in esame due avvolgimenti concentrici posti in aria, aventi uguale altezza, uguale distribuzione di amperspire su tutta l'altezza, e supponiamo che questi avvolgimenti siano radialmente infinitamente sottili e che il raggio di curvatura sia molto grande rispetto alla distanza tra gli avvolgimenti stessi; in altri termini, i due avvolgimenti siano assimilabili localmente a due piani paralleli secondo le ipotesi classiche dei calcoli teorici (fig. 2).

Dallo studio del campo prodotto dalle correnti *A* e *B* in un punto generico *P*, in altre parole dallo studio dell'induzione del flusso di dispersione della coppia di avvolgimenti considerati, applicando la legge di Biot-Savart e integrando si deduce che in *P*:

— la componente assiale dell'induzione vale:

$$B_a \equiv \frac{NI}{H} (\alpha_{12} + \alpha_{34})$$

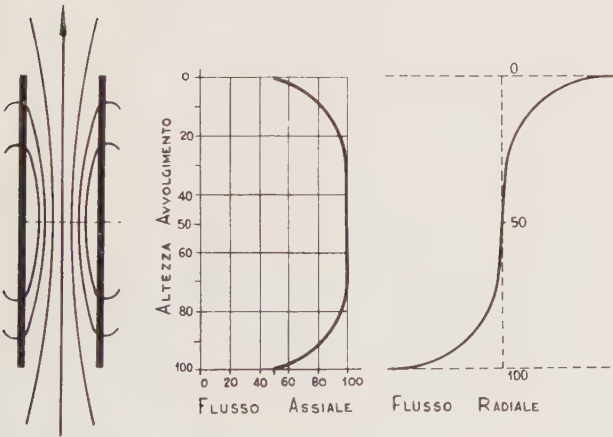


Fig. 3 - Appendice

— la componente radiale dell'induzione vale:

$$B_r \equiv \frac{NI}{H} \left(\log \frac{r_1}{r_2} + \log \frac{r_3}{r_4} \right)$$

A metà altezza degli avvolgimenti, poichè *H* è molto grande rispetto a *d*, si può ritenere $\alpha_{12} + \alpha_{34} = 2\pi$ e alle due estremità $\alpha_{12} + \alpha_{34} = \pi$, e, quindi, si deduce che la componente assiale dell'induzione varia da un massimo al centro degli avvolgimenti a un minimo, uguale alla metà del valore massimo, alle due estremità. Viceversa, la componente radiale dell'induzione varia da un mas-

simo alle due estremità a zero al centro degli avvolgimenti (fig. 3).

Da quanto precede, si deduce che le linee di induzione del flusso di dispersione non hanno un andamento rettilineo ed assiale, ma si allargano alle due estremità e, precisamente, la metà del flusso assiale, che circola a metà altezza degli avvolgimenti, evade radialmente prima di raggiungere le estremità.

Avremo, quindi, una componente assiale del flusso di dispersione, che è massima a metà altezza degli avvolgimenti, e la forza prodotta da tale flusso è diretta in senso radiale e tende a comprimere l'avvolgimento interno e a espandere quello esterno.

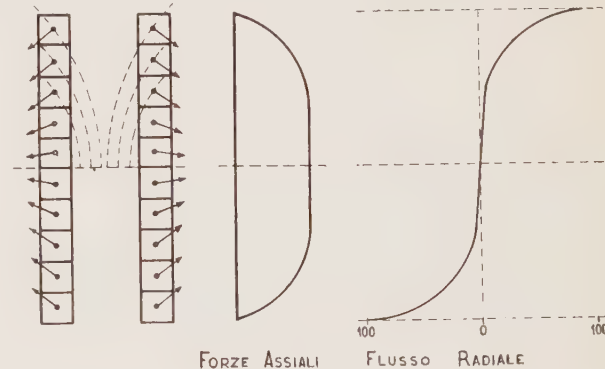


Fig. 4 - Appendice

La componente radiale del flusso di dispersione è, invece, massima alle due estremità degli avvolgimenti e provoca sforzi assiali (fig. 4).

Nella figura ogni avvolgimento è stato suddiviso in un certo numero di elementi sovrapposti ed è stata rappresentata la direzione delle forze elementari prodotte da ogni elemento; la direzione di queste forze è stata dedotta dalle linee di induzione della fig. 3.

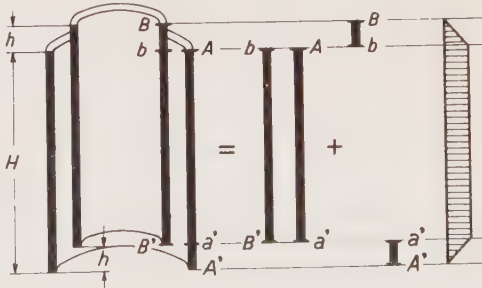


Fig. 5 - Appendice

Le forze elementari, puramente radiali a metà altezza, si inclinano man mano che ci si avvicina alle due estremità. Si vede quindi che queste forze assiali, uguali e di senso opposto, tendono a comprimere l'avvolgimento su

se stesso al centro e non esercitano alcuna pressione sui sistemi di ammassaggio alle estremità.

Consideriamo ora i due avvolgimenti, non muniti di prese aventi uguale altezza, ma spostati assialmente l'uno rispetto l'altro (fig. 5).

In questo caso gli avvolgimenti possono essere suddivisi in due coppie:

— una coppia comune ad entrambi gli avvolgimenti; è questo il caso di due avvolgimenti ad amperspire compensate e le considerazioni sono identiche a quelle precedentemente esposte;

— una coppia costituita dalle due sezioni di avvolgimento $B-b$ e $A'-a'$, di altezza h , che contengono le amperspire non compensate o amperspire residue. Quest'ultima coppia produce, nello spazio occupato dagli avvolgimenti, una forza magnetomotrice con andamento radiale, i cui valori, nei singoli punti, sono rappresentati mediante il diagramma a trapezio a destra della figura.

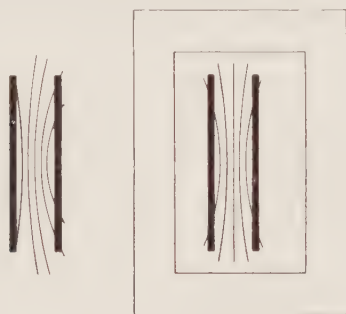


Fig. 6 - Appendice

L'induzione risultante in ogni punto dello spazio tra gli avvolgimenti è data dalla sovrapposizione delle induzioni create da ciascuna coppia di avvolgimento.

È della massima e fondamentale importanza notare che, a causa di questa simmetria, le linee di induzione del flusso radiale hanno un andamento dello stesso senso attraverso i due avvolgimenti e di conseguenza gli avvolgimenti sono sottoposti a forze assiali di senso opposto, e, precisamente, un avvolgimento viene spinto verso l'alto, l'altro viene spinto verso il basso.

Queste forze tendono a fare aumentare lo scentrimento elettromagnetico stesso, che le produce, e risultano perciò particolarmente temibili.

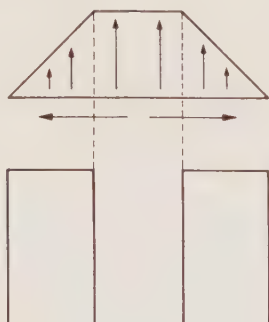


Fig. 7 - Appendice

Introduciamo ora nell'interno dell'avvolgimento, supposto ad amperspire compensate, un nucleo costituito da due colonne, delle quali una solamente, come si vede, è avvolta (fig. 6).

Potremo in tal modo distinguere una zona « fuori finestra » e una zona « sotto finestra » o « tra colonne ».

Nella zona « fuori finestra », il lamierino del nucleo esercita sulle linee di induzione del flusso di dispersione un'attrazione, che modifica la simmetria vista preceden-

temente, e il flusso aumenta per l'avvolgimento interno e diminuisce per quello esterno.

Nella zona « sotto finestra », l'attrazione di una colonna del nucleo è più o meno compensata dall'attrazione esercitata dall'altra colonna e la distribuzione del flusso è simile a quella dedotta nel primo caso teorico.

Si può dedurre che in un trasformatore ad amperspire compensate la zona più sollecitata dell'avvolgimento interno è quella fuori finestra e la zona più sollecitata dell'avvolgimento esterno è quella sotto finestra.

Supponiamo, ora, che i due avvolgimenti abbiano uno spessore di valore finito (fig. 7).

È intuitivo che, mentre il fenomeno non varia nelle sue linee generali, si manifesta una notevole variazione della distribuzione delle linee di induzione del flusso di dispersione, che ora attraversano gli avvolgimenti nel senso dello spessore.

Osservando il diagramma che rappresenta sia l'andamento delle forze magnetomotrici agenti lungo i diversi tubi di flusso, sia nelle linee generali, l'induzione lungo i diversi tubi di flusso, si deduce che la forza radiale assume un valore massimo sui conduttori posti nelle vicinanze dell'intervallo di separazione tra i due avvolgimenti e un valore minimo, quasi nullo, sui conduttori esterni, posti verso la cassa per l'avvolgimento esterno verso il nucleo per l'avvolgimento interno.

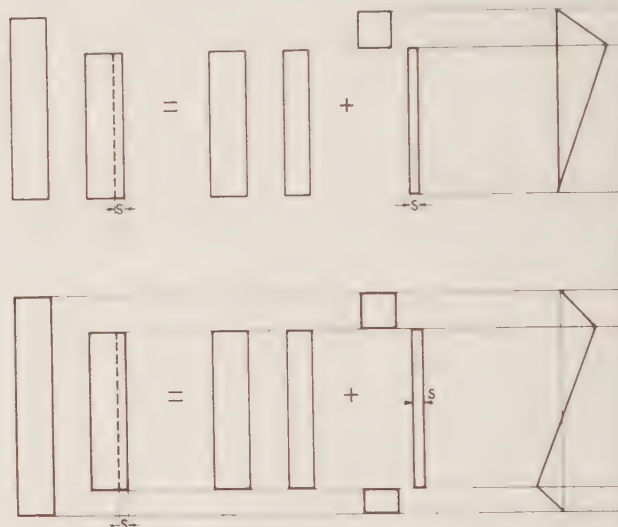


Fig. 8 - Appendice

I valori di queste forze possono essere molto elevati, ma la forma circolare degli avvolgimenti è anche la più adatta a contenerli, prendendo naturalmente opportuni accorgimenti per l'avvolgimento interno, e tenendo presente che i conduttori più vicini al nucleo, pur non essendo soggetti a forze radiali per effetto del flusso assiale, sono quelli maggiormente sollecitati dovendo sopportare gli sforzi radiali trasmessi dai conduttori affiancati radialmente.

Quanto poi alle forze assiali, si può dire che, nel caso di avvolgimenti con amperspire compensate, queste forze assiali, uguali e di senso opposto, tendono a comprimere l'avvolgimento su se stesso al centro e non esercitano alcuna pressione sui sistemi di ammassaggio alle estremità e sulle armature del nucleo.

Queste forze di compressione tendono a sollecitare i conduttori delle bobine tra un distanziatore e l'altro.

Consideriamo ora gli avvolgimenti ad amperspire non compensate.

La fig. 8 mostra alcune possibili configurazioni. Questi casi possono presentarsi in conseguenza di diversi fattori tra i quali la presenza di prese di regolazione su uno o su entrambi gli avvolgimenti, l'eventuale presenza di un

avvolgimento di b.t. del tipo elicoidale e, questo si manifesta sempre in quantità più o meno rilevanti a seconda del tipo costruttivo, le deformazioni e le variazioni che subiscono gli avvolgimenti durante i successivi trattamenti.

Applicando il principio delle così dette amperspire residue, si nota che gli avvolgimenti sono sottoposti a forze assiali di senso opposto per i due avvolgimenti, in altre parole gli avvolgimenti vengono spinti verso l'alto e verso il basso con forze di grande valore; queste forze assiali si

traducono per entrambi gli avvolgimenti mediante pressioni sui blocchi di ammassaggio e sulle armature del nucleo.

Il fenomeno si complica notevolmente se si vuole tener conto della curvatura degli avvolgimenti, della influenza delle amperspire degli avvolgimenti delle altre fasi, delle distanze degli avvolgimenti dalle testate del nucleo e di molti altri fattori.

Manoscritto pervenuto il 29 marzo 1960.

UN NUOVO CONTENITORE MAGNETICO PER PARTICELLE CARICHE: IL ROTATRONE

GIANCARLO SACERDOTI (*)

Nell'articolo viene proposto un contenitore magnetico per ioni. Il moto di una particella carica viene studiato con alcune ipotesi semplificative (campo elettrico associato nullo). Non sono stati eseguiti invece i calcoli sulla diffusione termodinamica degli ioni, che permetterebbero di esaminare le reali possibilità d'impiego del dispositivo per la fusione controllata dell'idrogeno. Sono state ricavate alcune relazioni tra energia magnetica, ed energia cinetica della particella e tempo di cattura della stessa.

1. - INTRODUZIONE.

Per realizzare la fusione controllata dell'idrogeno è necessario confinare in una zona dello spazio gas ionizzato ad altissima temperatura. Si è cercato di confinare il gas ionizzato soprattutto con campi magnetici di particolari forme (toroidali, ad otto, a solenoide) [1, 2].

In questo articolo si propone un nuovo dispositivo atto a contenere ioni e si studia il moto di un ione nel campo magnetico del dispositivo che può quindi avere qualche interesse nei problemi della fusione.

Questo dispositivo crea un campo magnetico rotante (come nelle macchine elettriche). Se sono soddisfatte alcune relazioni tra la frequenza f di rotazione nel campo magnetico e la frequenza propria f' di ciclotrone [3] delle particelle entro il campo magnetico, si può spiegare, dai primi calcoli approssimati svolti in questo articolo, che la macchina sia un contenitore magnetico di buona qualità. Per quanto si è detto risulta ragionevole chiamare il dispositivo « rotatrone ».

2. - DESCRIZIONE DEL ROTATRONE E PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO.

Un rotatrone è rappresentato in fig. 1: esso consiste di due coppie di semi bobine incrociate eccitate con correnti sfasate di 90° . Come è noto dalla elettrotecnica elemen-

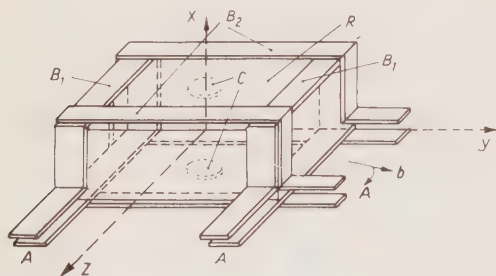


Fig. 1. — Schema di principio di un rotatrone.

E, recipiente; B_1 , semibobina; B_2 , semibobina a 90° rispetto a B_1 ; C, elettrodi di prima ionizzazione; A, attacchi per le alimentazioni; X, asse di rotazione del campo magnetico; b, campo magnetico.

tare tale dispositivo crea un campo magnetico rotante. Tra le quattro semibobine vi è un recipiente a tenuta di vuoto entro cui si trova il gas da contenere. Eventualmente sulla parete superiore e su quella inferiore del recipiente vi si possono sistemare elettrodi per innescare

l'arco atto a fornire la prima ionizzazione al gas. Il campo magnetico rotante cederà anch'esso energia agli ioni per il campo elettrico ad esso associato, e questo aiuterà a portarle a temperatura elevata.

Che una particella carica possa venire confinata in una zona dello spazio da un campo rotante appare possibile da un punto di vista intuitivo. Consideriamo infatti una particella in un solenoide percorso da corrente: essa tenderà ad uscire dal solenoide lungo l'asse con velocità pari alla componente iniziale in direzione dell'asse della sua velocità. Se noi ruotiamo a 90° il solenoide ecco che la particella non potrà proseguire nel suo moto di spostamento assiale perchè ora in questa direzione trova le linee del campo magnetico che si oppongono.

In realtà risolvendo le equazioni del moto, nel paragrafo seguente troviamo che rimane alla particella una componente residua della velocità di fuga lungo l'asse di rotazione del campo magnetico: però tale componente può ridursi piccola come si vuole diminuendo f .

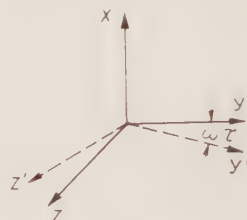


Fig. 2. — Sistema di assi coordinati.

Il campo magnetico ha la seguente espressione (nel sistema di assi coordinati di fig. 2):

$$(1) \quad \begin{aligned} B_x &= 0 \\ B_y &= + B_0 \cos \omega t \\ B_z &= + B_0 \sin \omega t \end{aligned}$$

A questo campo magnetico è associato (Appendice I), per le equazioni di Maxwell, un campo elettrico dato dalle formule (2)

$$(2) \quad \begin{aligned} E_x &= 0 \\ E_y &= -x \omega B_0 \cos \omega t \\ E_z &= -x \omega B_0 \sin \omega t \end{aligned}$$

Trascuriamo nella trattazione l'influenza di E sul moto delle particelle. Nel paragrafo 5 discuteremo i limiti di questa approssimazione.

3. - MOTO DELLA PARTICELLA CARICA.

Al tempo t_0 la velocità della particella sia rappresentata da una matrice $|X_0|$ a tre righe e una colonna

$$(3) \quad |X_0| = \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}$$

ove:

X_0 = componente secondo l'asse x della velocità iniziale
 Y_0 = " " " y " " "
 Z_0 = " " " z " " "

(*) Dr. ing. Giancarlo Sacerdoti, Laboratorio di Frascati.

Al tempo t_0 sia $B_y = B_0$.

Dopo un tempo τ infinitesimo la velocità $|X_1|$ sarà legata a $|X_0|$ dalla relazione (4) ⁽¹⁾

$$(4) \quad |X_1| = |W| |X_0|$$

ove:

$$|W| = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -\omega' \tau \\ 0 & 1 & 0 \\ \omega' \tau & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$\omega' = \frac{e}{m} B_0$ è la pulsazione di ciclotrone; e , m sono rispettivamente carica e massa della particella.

Ma nel tempo τ l'asse secondo cui è diretto il campo magnetico è ruotato intorno ad x di un angolo pari a $\omega \tau$.

Chiamiamo $|X_1|'$ la matrice che rappresenta la velocità riferita al nuovo sistema di assi x , y' , z' (vedi fig. 2) si ha che:

$$(5) \quad |X(\tau)|' = |R_x(\omega \tau)| |X_1|$$

ove:

$$|R_x(\omega \tau)| = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -\omega \tau \\ 0 & \omega \tau & 1 \end{vmatrix}$$

Si ottiene quindi:

$$(6) \quad |X(n\tau)|' = [|R| |W|]^n |X_0|$$

ove con evidente significato di simboli $|X(n\tau)|'$ è la matrice velocità al tempo $n\tau$ e riferita al sistema di coordinate rotanti con il campo magnetico e cioè ad un sistema ruotante di un angolo pari a $n\omega\tau$ rispetto al sistema di coordinate iniziali. Per cui si ha la (7):

$$(7) \quad |X(n\tau)| = |T| [|R| |W|]^n |X_0|$$

con $|T|$ avendo indicato la matrice seguente:

$$|T| = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega n \tau & \sin \omega n \tau \\ 0 & -\sin \omega n \tau & \cos \omega n \tau \end{vmatrix}$$

Risolvendo la (7) con i metodi classici della diagonalizzazione (vedi Appendice II) si ottiene, chiamando semplicemente $n\tau = t$

$$(8) \quad |X(t)| = |K(t)| |X_0|$$

ove K è una matrice avente i seguenti coefficienti:

$$K_{11} = \frac{\omega^2}{c^2} + \frac{\omega'^2}{c^2} \cos ct \quad \text{con} \quad c = \sqrt{\omega'^2 + \omega^2}$$

$$K_{12} = -\frac{\omega \omega'}{c^2} (1 - \cos ct)$$

$$K_{13} = -\frac{\omega'}{c} \sin ct$$

$$K_{21} = -\frac{\omega \omega'}{c^2} \cos \omega t + \frac{\omega \omega'}{c^2} \cos ct \cos \omega t +$$

$$+ \frac{\omega'}{c} \sin \omega t \sin ct$$

⁽¹⁾ La relazione (4) si può ricavare in modo elementare dalle equazioni cardinali o si ritrova alla citazione bibliografica [4].

$$K_{22} = \frac{\omega'^2}{c^2} \cos \omega t + \frac{\omega^2}{c^2} \cos \omega t \cos ct +$$

$$+ \frac{\omega}{c} \sin \omega t \sin ct$$

$$K_{23} = -\frac{\omega}{c} \cos \omega t \sin ct + \sin \omega t \cos ct$$

$$K_{31} = \frac{\omega \omega'}{c^2} \sin \omega t - \frac{\omega \omega'}{c^2} \sin \omega t \cos ct +$$

$$+ \frac{\omega'}{c} \cos \omega t \sin ct$$

$$K_{32} = -\frac{\omega'^2}{c^2} \sin \omega t - \frac{\omega^2}{c^2} \sin \omega t \cos ct +$$

$$+ \frac{\omega}{c} \cos \omega t \sin ct$$

$$K_{33} = \frac{\omega}{c} \sin \omega t \sin ct + \cos \omega t \cos ct.$$

Se mediamo in un tempo sufficientemente lungo la velocità delle particelle, si ottiene facilmente dalla (8) la relazione:

$$\vec{v} \text{ media} = \left[\frac{\omega^2}{c^2} X_0 - \frac{\omega \omega'}{c^2} X_0 \right] \vec{i}$$

$$\vec{i} = \text{versore unitario in direzione asse } x.$$

Si può facilmente annullare la parte proporzionale a $\omega \omega' / c^2$ facendo alternativamente ruotare il campo magnetico in un senso e poi nell'altro, il che si può ottenere eccitando con frequenze leggermente diverse le bobine incrociate. Se il periodo tr con cui si producono tali alternanze è tale che $\cos \omega t = 1$ e $\cos ct = 1$ sarà: $|X(tr)| = |X_0|$ (ciò si vede facilmente dalla (8)) e quindi la velocità media nel periodo tr successivo acquista il valore:

$$(9 \text{ bis}) \quad \vec{v} \text{ media} = \left[\frac{\omega^2}{c^2} X_0 + \frac{\omega \omega'}{c^2} Y_0 \right] \vec{i}$$

e su un periodo $2tr$ la velocità media diventa:

$$(9) \quad v \text{ medie} = \frac{\omega^2}{c^2} X_0 \leq \frac{\omega^2}{c^2} \sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + r_0^2}.$$

Se quindi

$$\frac{\omega^2}{c^2} = \frac{\omega^2}{\omega'^2 + \omega^2} \ll 1,$$

molto ridotta risulterà la velocità media residua di una particella rispetto alla sua velocità totale pari a

$$\sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2} = v.$$

Perciò la particella tenderà ad uscire dal sistema con velocità ridotta.

Integrando la equazione (8) abbiamo l'andamento degli spostamenti della particella. Il recipiente funziona come un contenitore di plasma a lenta espansione (vedi fig. 3).

Per ottenere formule semplici e utili ad un progetto

di un dispositivo rotatrone facciamo le seguenti ipotesi:

- $\omega' \gg \omega$
- $c \ll \omega'$
- $t \cong z t_z = 2/\omega$
- che ai tempi $n t_r$ per n intero si abbia inversione di rotazione. Si ottiene allora con facili semplificazioni

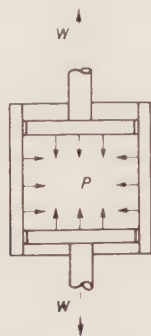


Fig. 3. — Schema delle prestazioni del rotatrone come contenitore. P , pressione contrastante il plasma; uguale a $\frac{1}{2} B^2/\mu_0$; W , velocità di espansione $= \frac{W^2}{W'^2} v$.

dalla integrazione dalla (8):

$$\begin{aligned} \Delta z_{max} &\leq \left[\frac{\omega^2}{\omega'^2} t + \frac{2}{\omega'} \right] v \\ \Delta y_{max} &\leq \frac{1}{\omega} v \\ \Delta x_{max} &\leq \frac{1}{\omega} v \end{aligned} \quad (10)$$

Dalle (10) se si pone ancora

$$\frac{\omega^2}{\omega'^2} t \gg \frac{2}{\omega'}$$

si può, semplificando, ottenere:

$$\begin{aligned} V &= 2 \Delta x_{max} \times 2 \Delta y_{max} \times 2 \Delta z_{max} = \\ &= \frac{8 v^3}{\omega'^2} t = \frac{8 v^3}{B_0^2} \frac{m^3}{l^2} t \end{aligned} \quad (11)$$

ove V rappresenta il volume « utile » ⁽²⁾ occupato dal campo magnetico nel cui punto centrale al tempo $t=0$ si trova la particella, v = velocità della particella, t il tempo in cui la particella rimane nel volume V , B campo magnetico.

La (11) si può scrivere in una forma più significativa

$$E_m = \frac{1}{2} \frac{V B_0^2}{M_0} = 4 \frac{m^2}{e^2} \frac{1}{M_0} v^3 t \quad (12)$$

E_m = energia magnetica immagazzinata nel dispositivo.

La (12) ci dice che l'energia magnetica che bisogna impiegare per confinare per un tempo t una particella di una certa velocità entro un rotatrone è costante cioè indipendente dal volume.

Nelle tabelle I e II abbiamo riportato E_m in funzione di v e di t per protoni e il volume corrispondente per $B = 1 \text{ Wb/m}^2$.

⁽²⁾ Bisognerà stimare (e questo varia al variare della geometria) il volume attualmente occupato dal campo magnetico in due o tre volte il volume utile.

4. - ESEMPIO NUMERICO E PREVENTIVO INDICATIVO PER UN DISPOSITIVO DI PROVA.

Poniamo di volere concentrare ioni di idrogeno di energia pari a 5 000 eV per un tempo $t = 10^{-4} \text{ sec}$.

La velocità corrispondente a 5 000 eV è pari a $a \cong 10^8 \text{ m/sec}$.

Dalla tabella I otteniamo che per soddisfare il problema sono necessari 34 000 Joule.

Se assumiamo per B 1 Wb/m² otteniamo, interpolando i dati di tabella II, un volume pari a $a \cong 2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$.

Inoltre risulterà $\omega' = 10^8 \text{ sec}^{-1}$.

Assumendo per ω il valore $3 \times 10^6 \text{ sec}^{-1}$ otteniamo:

$$\begin{aligned} \Delta y_{max} &= 0,33 \text{ m} \\ \Delta z_{max} &= 0,33 \text{ m} \\ \Delta x_{max} &= 0,11 \text{ m} \end{aligned}$$

(Le condizioni di approssimazione per cui è valida la teoria sono soddisfatte).

La disposizione schematica dell'impianto è indicata in fig. 4.

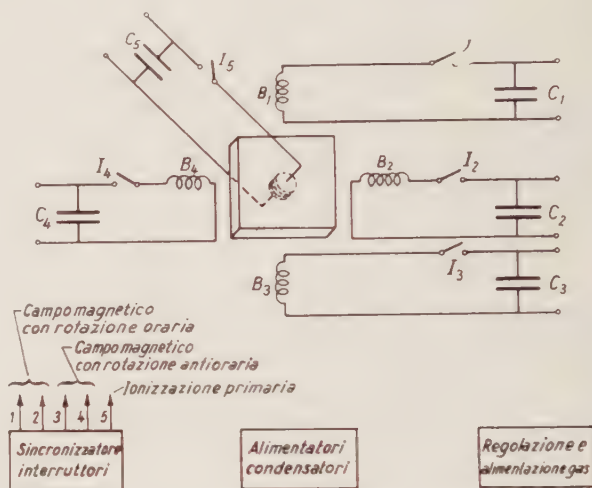


Fig. 4. — Parti componenti l'impianto.

Le parti principali del dispositivo sono:

- 4 banchi di condensatori di 40 000 Joule ciascuno;
- 1 banco di condensatori per la prima ionizzazione del gas la cui dimensione dipende dalla densità del gas;
- 4 interruttori e il dispositivo elettronico di sincronizzazione;
- il circuito di carica dei condensatori;
- dispositivi per la misura del campo e delle caratteristiche del gas;
- il recipiente e bobine;
- apparecchiature di controllo.

5. - ALCUNE CONSIDERAZIONI CRITICHE SUI CALCOLI ESEGUITI.

Ci limiteremo a prendere in esame solo due punti:

- esame dell'azione del campo elettrico E ;
- esame dell'importanza del valore magnetico del campo scelto ai fini della fusione.

a) Esame dell'azione del campo elettrico E . L'azione del campo elettrico associato alla variazione di flusso calcolata nel paragrafo 1 è tutt'altro che trascurabile rispetto all'azione del campo magnetico: come è noto dalla teoria del betatrone, la forza esercitata mediamente dal campo elettrico sulla particella è dell'ordine di $\frac{1}{2}$ di quella esercitata dal campo magnetico. Se però abbiamo una massa plasmatica nella cui parte centrale vi siano correnti che tendono quivi ad annullare B , il rapporto

TABELLA I. — Energia magnetica in Iaule necessaria a contenere ioni di idrogeno⁹ per ioni di deuterio i numeri indicativi vanno moltiplicati per 2.

t sec v m/sec	10 ⁶	5 × 10 ⁶	10 ⁵	5 × 10 ⁵	10 ⁴	2 × 10 ⁴	5 × 10 ⁴	10 ³
10 ⁴	3,4 × 10 ⁴	17 × 10 ⁴	3,4 × 10 ³	1,7 × 10 ²	3,4 × 10 ²	3,4 × 10 ²	1,7 × 10 ¹	3,4 × 10 ¹
5 × 10 ⁴	1,25 × 10 ²	21,2 × 10 ²	4,25 × 10 ¹	21,2 × 10 ¹	4,25	8,5	21,2	42,5
10 ⁵	3,4 × 10 ¹	1,7	3,4	17	34	70	170	340
5 × 10 ⁵	42,5	212	425	2120	4250	8500	21200	42500
10 ⁶	340	1700	3400	17000	34000	73000	170000	340000
5 × 10 ⁶	42,5 × 10 ³	2,12 × 10 ⁵	4,25 × 10 ⁵	2,12 × 10 ⁶	4,25 × 10 ⁶	8,5 × 10 ⁶	21,2 × 10 ⁶	42,5 × 10 ⁶
10 ⁷	340000	1,7 × 10 ⁶	34 × 10 ⁶	17 × 10 ⁶	34 × 10 ⁶	70 × 10 ⁶	170 × 10 ⁶	340 × 10 ⁶

tra l'azione delle forze elettriche e magnetiche può scendere molto sotto $\frac{1}{2}$.

L'azione delle forze elettriche tende ad aumentare la energia delle particelle e quindi a trasformare una parte dell'energia magnetica in energia di riscaldamento del gas.

b) Esame dell'importanza del valore del campo magnetico scelto ai fini della fusione.

Nel testo non compare l'importanza della scelta del campo magnetico.

Ora la scelta del valore è molto importante.

Se il valore è grande le particelle infatti sono concentrate in più piccolo volume e possono quindi dare luogo più facilmente a reazioni nucleari (a parità di numero di particelle presenti).

Inoltre un campo alto resiste meglio alla pressione termodinamica del plasma. Se si prende in considerazione la pressione termodinamica del plasma i volumi indicati in tabella I devono essere certamente aumentati perchè le perdite di particelle sia contenuta in cifra ragionevole.

APPENDICE I

CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E ASSOCIATO AL CAMPO MAGNETICO.

Si ha:

$$\text{rot } E = - \frac{dB}{dt}$$

da cui si ottiene con i valori di B della formula (1)

$$\frac{\partial E_x}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial x} = \omega B_0 \cos \omega t$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial E_z}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial z} = -\omega B_0 \sin \omega t.$$

Da cui si vede che il campo elettrico E può essere il seguente

$$\begin{aligned} E_x &= 0 \\ E_y &= -x \omega B_0 \cos \omega t \\ E_z &= -x \omega B_0 \sin \omega t. \end{aligned}$$

TABELLA II. — Volume in m³ corrispondente all'energia magnetica per diversi B .

E B	10 ²	10 ¹	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
1	0,6 × 10 ⁸	0,6 × 10 ⁷	0,6 × 10 ⁶	0,6 × 10 ⁵	0,6 × 10 ⁴	0,6 × 10 ³	0,6 × 10 ²	0,6 × 10 ¹	0,6
5	2,4 × 10 ¹⁰	2,4 × 10 ⁹	2,4 × 10 ⁸	2,4 × 10 ⁷	2,4 × 10 ⁶	2,4 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁴	2,4 × 10 ³	2,4 × 10 ²
10	0,6 × 10 ¹⁰	0,6 × 10 ⁹	0,6 × 10 ⁸	0,6 × 10 ⁷	0,6 × 10 ⁶	0,6 × 10 ⁵	0,6 × 10 ⁴	0,6 × 10 ³	0,6 × 10 ²

APPENDICE II

PASSAGGI DEI CALCOLI PER DETERMINARE LA TRAIETTORIA DI UNA PARTICELLA CARICA.

Dalle (4) e (5) si ottiene trascurando i termini in τ^2

$$|R| |W| = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -\omega' \tau \\ 0 & 1 & -\omega \tau \\ \omega' \tau & \omega \tau & 1 \end{vmatrix}$$

Le radici della equazione secolare di $|R| |W|$ sono:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 1 \\ \lambda_{2,3} &= e^{\pm i \tau \sqrt{\omega^2 + \omega'^2}} \quad \text{chiamo } c = \sqrt{\omega^2 + \omega'^2} \end{aligned}$$

La matrice $|m|$ che linearizza la $|R| |N|$ e la sua inversa $|m^{-1}|$ sono rispettivamente:

$$|m| = \begin{vmatrix} i \frac{\omega}{c} & i \frac{\omega'}{c} & -i \frac{\omega'}{c} \\ -i \frac{\omega'}{c} & i \frac{\omega}{c} & -i \frac{\omega}{c} \\ 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$|m^{-1}| = \begin{vmatrix} -i \frac{\omega}{c} & i \frac{\omega'}{c} & 0 \\ -i \frac{\omega'}{2c} & -i \frac{\omega}{2c} & \frac{1}{2} \\ \frac{\omega'}{2c} & i \omega & \frac{1}{2} \end{vmatrix}$$

Abbiamo inoltre:

$$|T| [(R) | W |]^n = |T| |m| |\lambda|^n (m^{-1}) = |Q|$$

ove:

$$\lambda = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i \tau c} & 0 \\ 0 & 0 & e^{-i \tau c} \end{vmatrix}$$

Si ha ponendo $n\tau = t$

$$|S| = |m| |\lambda|^n = \begin{vmatrix} i \frac{\omega}{c} & i \frac{\omega'}{c} e^{ict} & -i \frac{\omega'}{c} e^{-ict} \\ -i \frac{\omega'}{c} & i \frac{\omega}{c} e^{ict} & -i \frac{\omega}{c} e^{-ict} \\ 0 & e^{itc} & e^{-itc} \end{vmatrix}$$

$$|P| = |T| |S| = \begin{vmatrix} i \frac{\omega}{c} & i \frac{\omega'}{c} e^{itc} & -i \frac{\omega'}{c} e^{-ic} \\ -i \frac{\omega'}{c} \cos \omega t & e^{itc} \left[i \frac{\omega}{c} \cos \omega t + \sin \omega t \right] & e^{-ict} \left[-i \frac{\omega}{c} \cos \omega t + \sin \omega t \right] \\ i \frac{\omega'}{c} \sin \omega t & e^{itc} \left[-i \frac{\omega}{c} \sin \omega t + \cos \omega t \right] & e^{-ict} \left[i \frac{\omega}{c} \sin \omega t + \cos \omega t \right] \end{vmatrix}$$

Si ottiene dalle matrici precedenti facilmente la matrice K che compare nella (8).

Manoscritto pervenuto il 23 marzo 1960.

BIBLIOGRAFIA

[1] *Proceedings of the Second U.N. International Conference ecc.* - Sept. 58, vol. 31, pagg. 6÷21; pagg. 34÷39, United Nation, 59.

[2] *Project Sherwood. The U.S. Program in controlled fusion by Amasa S. Bishop. Addeliser.* Weley Publ. Comp. Inc.

[3] L. SPITZER: *Physic of fully ionised Gases*. Pag. 2÷5, 1956, Interscience Publiscer, N.Y.

[4] G. SACERDOTI: *Studio del moto di una particella carica in un campo magnetico ecc.* Rel. prof. Sartori. «Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino», vol. 39 (1958÷60).

Metodi elementari per calcolare in modo rigoroso il valore della capacità da introdurre in una utenza per contenere in un valore prestabilito la caduta nella linea che l'alimenta

Prima di illustrare i due metodi proposti, il primo assai spedito e tutti e due elementari, accenneremo al procedimento approssimato che si segue nel calcolo della caduta in linea per dedurne la sua inapplicabilità in questo caso, ed al metodo rigoroso che tutti i tecnici, che hanno familiarità con l'uso del metodo simbolico, seguirebbero nella risoluzione di questo problema.

Metodo approssimato. — Come è noto, per il calcolo della caduta in linea, ci si suole valere della formula, che dà la sua proiezione nella direzione del vettore che rappresenta la tensione all'utenza.

Questa formula, che dà un risultato rigorosamente esatto nel solo caso, fortuito, in cui lo sfasamento determinato dall'impedenza di linea è matematicamente uguale in valore e segno allo sfasamento che dà l'impedenza dell'utenza, nei casi normali, che sono quelli in cui l'utenza costituisce un carico induttivo, dà risultati abbastanza approssimati, perchè anche la linea aerea, in serie con l'utenza, costituisce un carico induttivo, e, per di più, con fattore di potenza poco diverso da quello relativo all'utenza.

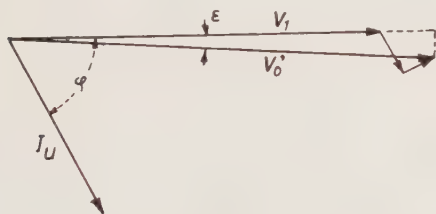


Fig. 1.

$V_0' \cos \epsilon$ è il valore approssimato della tensione all'origine dedotto con la formula; mentre V_0' praticamente uguale, è l'esatto valore.

Ciò appare chiaramente dalla fig. 1, nella quale, per maggior chiarezza, si sono appositamente alterati i rapporti di valori che, normalmente, si hanno tra cadute in linea e tensioni utilizzate, e si è tenuto assai alto il valore dello sfasamento tra tensione utilizzata e corrente di carico.

Non così avviene, invece, quando, per risolvere il problema che ci siamo posti, si è costretti ad introdurre nell'utenza una capacità, che fa diventare capacitivo il carico complessivo ai suoi morsetti, come chiaramente appare nella fig. 2, nella quale, per un chiaro confronto, si sono conservati gli stessi rapporti di valori tra cadute in linea e tensione utilizzata, lo stesso, in valore e segno, sfasamento dell'impedenza di linea, e lo stesso sfasamento, in valore, dell'impedenza complessiva, che viene a costituire l'utenza dopo l'introduzione della capacità.

È vero che alterando i rapporti dei valori nei grafici esplicativi noi abbiamo sensibilmente sopravvalutato gli errori; ma è pur vero che un errore di valutazione di una caduta anche piccolo è sempre enorme rispetto alla caduta in valutazione, sulla quale si riflette per intero tutto l'errore di valutazione della tensione all'origine della linea.

Metodo rigoroso. — Per risolvere in modo rigoroso il problema avvalendosi del metodo simbolico, la via maestra, come è intuitivo, è la seguente:

1) Si calcola prima la tensione che si dovrebbe applicare all'origine della linea per alimentare alla tensione voluta l'utenza, sommando vettorialmente alla tensione all'utenza le equilibranti delle cadute (ohmica ed induttiva), che si hanno nell'impedenza di linea con la corrente di carico.

2) Si determina, poi, risolvendo un'equazione di 2° grado, quale valore deve avere la corrente che assorbe la capacità introdotta all'utenza per impegnare in linea tensioni addizionali (attiva e reattiva) che, sommate vettorialmente con quella prima dedotta, riducano il valore di questa a quello voluto dalla prestabilita caduta in linea.

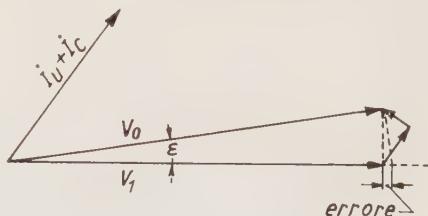


Fig. 2.

$V_0 \cos \epsilon$ è il valore approssimato della tensione all'origine dedotto con la formula; V_0 l'esatto valore.

Determinato, così, il valore della corrente capacitiva che deve assorbire la capacità introdotta nell'utenza, si ottiene facilmente il valore di detta capacità dividendo il valore della corrente per il prodotto della pulsazione per la tensione applicata all'utenza stessa.

Naturalmente, per impostare i vari calcoli, nei quali si hanno in gioco grandezze vettoriali, bisogna prima esprimere queste in forma simbolica, e operare, poi, sui numeri complessi che le esprimono, operazioni che non sono scevre di facili errori per i tecnici che non hanno molta familiarità con l'uso del metodo simbolico.

Illustriamo, ora, i due metodi elementari che si propongono per la rigorosa soluzione del problema. Uno di essi è grafico, assai semplice e speditissimo, l'altro è analitico; ha sul metodo rigoroso prima accennato il vantaggio di non richiedere alcuna conoscenza del metodo simbolico.

Metodo elementare grafico. — 1) Si disegna in iscala il vettore V_1 tensione all'utenza, la cui fase si assume come riferimento.

2) A partire dalla fine di detto vettore si disegna nella scala prescelta un vettore che rappresenti l'equilibrante della caduta che dà in linea la corrente di carico, equilibrante che, perciò, avrà un'ampiezza pari a $z_1 I_u$ (ove z_1 è l'impedenza di linea e I_u la corrente di carico) ed uno sfasamento rispetto al vettore tensione V_1 pari a

$\varphi - \arctg \frac{X_1}{R_1}$ (ove φ è lo sfasamento che si determina nell'impedenza dell'utilizzatore, e X_1 ed R_1 sono rispettivamente la reattanza e la resistenza di linea).

3) A partire dalla fine di quest'ultimo vettore, sfasato in anticipo sulla fase di riferimento di

$$\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{X_1}{R_1}$$

si disegna una semiretta che, con la sua direzione e verso, ci indicherà la fase della tensione che equilibra la caduta che dà in linea la corrente capacitiva, di cui vogliamo determinare il valore.

4) Su detta semiretta, a partire dall'origine, si delimita un segmento intersecando ⁽¹⁾ la semiretta stessa con un arco di cerchio tracciato con centro all'origine del vettore tensione all'utenza e raggio pari al valore, nella scala prescelta, della tensione che si vuole all'origine perchè la caduta in linea risulti uguale al valore prestabilito.

L'ampiezza di detto segmento, letto nella scala prescelta, ci darà il valore della tensione che risulta impegnata per equilibrare la caduta addizionale che dà in linea la corrente che assorbe la capacità per un valore della tensione all'origine pari a quello voluto dalla risoluzione del problema.

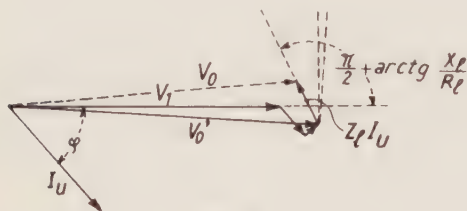


Fig. 3.

Dividendo il valore di detta equilibrante per l'impedenza di linea, si ottiene il valore della corrente capacitiva che risolve il problema, e, dividendo quest'ultimo valore per il prodotto della pulsazione per la tensione, si ottiene, come prima, il valore della capacità che risolve il problema.

Metodo elementare analitico. — Assunte come incognite

φ_x sfasamento tra la corrente che la linea eroga al carico complessivo — utilizzatore in parallelo col condensatore — e la tensione applicata, V_1 , allo stesso, e φ_y sfasamento tra la stessa corrente e la tensione V_0 applicata all'origine della linea, impostiamo un sistema di due equazioni nelle due incognite assunte.

Per una si eguaglia la componente attiva della tensione all'origine alla somma della tensione che equilibra la caduta ohmica nell'arco doppio — utilizzatore, condensatore — e della tensione che equilibra l'analoga caduta in linea; per l'altra si eguaglia la componente reattiva della tensione all'origine alla somma della tensione che equilibra la caduta reattiva nell'arco doppio e della tensione che equilibra la caduta induttiva in linea.

Posto $V_0 = n V_1$, e, indicando con R_l , X_l , z_l rispettivamente resistenza, reattanza ed impedenza della linea, e con G la conduttanza del ricevitore, avremo:

$$(1) \begin{cases} n V_1 \cos \varphi_y = V_1 \cos \varphi_x + R_l \frac{G V_1}{\cos \varphi_x} \\ n V_1 \sin \varphi_y = V_1 \sin \varphi_x + X_l \frac{G V_1}{\cos \varphi_x} \end{cases}$$

Dividendo ambo i membri delle due equazioni per il comune fattore V_1 , avremo:

$$(2) \begin{cases} n \cos \varphi_y = \cos \varphi_x + \frac{R_l G}{\cos \varphi_x} \\ n \sin \varphi_y = \sin \varphi_x + \frac{X_l G}{\cos \varphi_x} \end{cases}$$

⁽¹⁾ Perchè l'intersezione risulti determinata con precisione occorre che l'inclinazione dell'arco nel punto d'incontro risulti alquanto diversa dalla direzione della semiretta.

Elevando al quadrato ambo i membri delle due equazioni, avremo:

$$(3) \begin{cases} n^2 \cos^2 \varphi_y = \cos^2 \varphi_x + \frac{R_l^2 G^2}{\cos^2 \varphi_x} + 2 R_l G \\ n^2 \sin^2 \varphi_y = \sin^2 \varphi_x + \frac{X_l^2 G^2}{\cos^2 \varphi_x} + 2 X_l G \operatorname{tg} \varphi_x \end{cases}$$

Ed, infine, sommando, membro a membro, le due equazioni, si eliminano le due funzioni trigonometriche dell'incognita φ_y , e, con esse, detta incognita:

$$n^2 = 1 + \frac{G^2}{\cos^2 \varphi_x} (R_l^2 + X_l^2) + 2 R_l G + 2 X_l G \operatorname{tg} \varphi_x.$$

Sostituendo, ora, a $1/\cos^2 \varphi_x$ l'espressione di eguale valore $1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_x$, e a $R_l^2 + X_l^2$, z_l^2 , avremo:

$$n^2 = 1 + G^2 z_l^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_x) + 2 R_l G + 2 X_l G \operatorname{tg} \varphi_x.$$

Sviluppando e ordinando secondo le potenze decrescenti di $\operatorname{tg} \varphi_x$, avremo infine:

$$G^2 z_l^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_x + 2 X_l G \operatorname{tg} \varphi_x + G^2 z_l^2 + 2 R_l G + 1 - n^2 = 0$$

che è un'equazione di secondo grado nell'incognita $\operatorname{tg} \varphi_x$, in cui i coefficienti «a», «b», ed il termine noto «c» sono dati dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} a &= G^2 z_l^2 \\ b &= 2 X_l G \\ c &= G^2 z_l^2 + 2 R_l G + 1 - n^2. \end{aligned}$$

Avuto dalla soluzione dell'equazione di secondo grado i due valori di $\operatorname{tg} \varphi_x$, e, scelto il più conveniente, moltiplicando per la potenza assorbita dall'utilizzatore la differenza tra la dedotta $\operatorname{tg} \varphi_x$, che, in genere risulta negativa, e la tangente dell'angolo il cui coseno è uguale al fattore di potenza dell'utilizzatore, si ottiene la potenza reattiva che deve assorbire il condensatore; e, infine, dividendo quest'ultimo valore per il prodotto della pulsazione per il quadrato della tensione applicata all'utenza, si ottiene il valore della capacità che risolve il problema.

Questo procedimento è tanto laborioso quanto quello prima accennato che si avvale del metodo simbolico; ma, ripeto, ha su quello il vantaggio di prescindere dalla conoscenza di detto metodo simbolico, vantaggio che è importante anche per i tecnici che, pur conoscendolo, non se ne servono con frequenza.

BORDONE

Abbonatevi ad
"Alta Frequenza"!

raccontando di radiotecnica, telefonia e acustica applicata

Il prezzo d'abbonamento per il 1960 è di

L. 2400.— per i Soci dell'A.E.I. e della Soc. di Fisica

• 3000.— per i non Soci

• 3600.— per l'estero.

DOMANDE E RISPOSTE

La seconda «domanda» che abbiamo pubblicato a pag. 182 del fascicolo n. 3 della nostra Rivista ha riscosso largo interessamento da parte dei lettori. Numerose sono state le risposte che ci sono pervenute, circa una quindicina, non tutte per altro esatte.

Ringraziamo tutti coloro che hanno voluto rispondere all'invito della Redazione e ci auguriamo che l'attenzione dei lettori continui a rivolgersi a questa nuova rubrica la quale, proprio dai lettori, aspetta di acquistare sempre maggiore vitalità ed interesse.

Fra le risposte esatte pervenute ne pubblichiamo qui due particolarmente meritevoli dovute: una dovuta all'ing. G. Carrara e l'altra a un lettore che non desidera essere nominato.

Prossimamente pubblicheremo poi un articolo dell'ing. Meo che, prendendo lo spunto della domanda in questione, tratta l'argomento in modo generale ed esauriente.

✱

Rispondo alla questione posta dal giovane studioso, in modo conciso. Una trattazione completa dell'argomento nelle sue basi teoriche costituisce un capitolo essenziale del corso di Elettrotecnica Generale della Facoltà di Ingegneria.

Va premessa in modo esplicito l'ipotesi che il flusso Φ concatenato con l'anello metallico si richiuda riattraversando una qualsiasi superficie chiusa passante per l'anello e per i cordoni del voltmetro in una zona che ci inibiamo di attraversare o circondare coi cordoni del voltmetro stesso.

Con tale ipotesi l'indicazione del voltmetro è uguale al prodotto della corrente che percorre l'anello per la resistenza del tratto di anello che forma con i cordoni del voltmetro la spira che non concatena il flusso Φ . Nel caso prospettato per un arco di 90° la lettura del voltmetro V_1 vale $1/4 RI$ (spira considerata $V_1 A \pm B$, in figura 1). Nel caso si

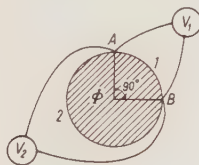


Fig. 1.

volesse fare il calcolo considerando la spira che concatena il flusso Φ (spira $V_1 A \pm B$) la lettura del voltmetro V_1 è data dalla differenza tra la forza elettromotrice indotta nella spira $E = d\Phi/dt = RI$ ed il prodotto della corrente per la resistenza del tratto $A \pm B$, cioè $3/4 RI$. La lettura del voltmetro V_1 risulta perciò $E - 3/4 RI = 1/4 RI$, in accordo col fatto che il voltmetro più di una indicazione non può dare.

I dubbi sorgono nel pretendere che l'indicazione di un voltmetro rappresenti la tensione fra i punti tra i quali sono collegati i suoi cordoni anche in presenza di flussi concatenati variabili, caso in cui, per la rotazionalità della tensione non esiste più la tensione fra due punti. Infatti nel caso in esame un voltmetro collegato come V_2 avrebbe indicato (tra gli stessi punti A e B) un valore pari a $3/4 RI$.

Si lascia allo studioso di approfondire la questione, facendo riferimento ai valori istantanei delle grandezze e con particolare riguardo ai segni.

Gianguido Carrara

✱

Secondo la domanda formulata, si tratta di stabilire quale sia l'indicazione che un voltmetro (di impedenza sufficientemente alta da rendere trascurabile ad ogni effetto la corrente da esso derivata) collegato nel modo indicato nella fig. 1, con due punti di una spira conduttrice di resistenza R attraversata da un flusso Φ variabile ad esempio con legge

sinusoidale nel tempo. Supponiamo che il flusso in parola sia tutto «contenuto» in un «tubo» rappresentato da un circuito ferromagnetico e che pertanto non siano da considerare dispersioni di esso nello spazio circostante. In queste

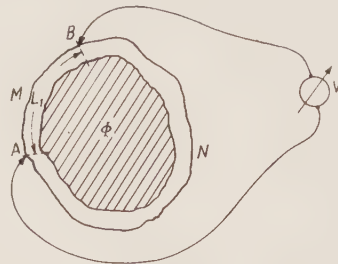


Fig. 1.

condizioni, i due punti A e B di collegamento del voltmetro suddividono l'anello conduttore di lunghezza L in due parti cui corrispondono le resistenze $\frac{L_1}{L} R$ ed $\frac{L-L_1}{L} R$ ove L_1 è la lunghezza del tratto $A \pm B$ dell'anello.

Consideriamo anzitutto due condizioni limiti che conducono ad una conclusione immediata.

Nel caso della fig. 2, in cui $L_1 = 0$, è chiaro che l'indica-

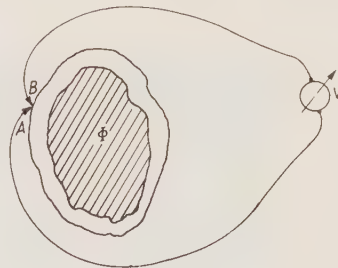


Fig. 2.

zione del voltmetro è massima e pari a $v = d\Phi/dt$ in quanto l'intero flusso variabile Φ è concatenato con il circuito del voltmetro $A \pm B$, mentre nel caso di fig. 3, l'indicazione sarà nulla in quanto gli estremi del voltmetro sono collegati assieme nel punto ove coincidono A e B.

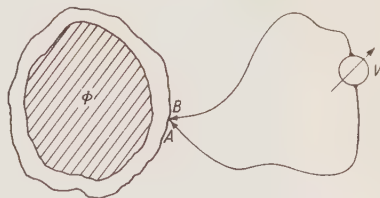


Fig. 3.

Per inciso va notato che, qualora all'esterno del nucleo, e concatenato con il circuito chiuso del voltmetro, vi fossero altri flussi variabili (ad es. di dispersione) la loro risultante Φ_2 nel caso di fig. 2 e Φ_3 nel caso di fig. 3 dipenderebbe dalla distribuzione nello spazio della induzione che li determina e dal percorso dei collegamenti del voltmetro. A queste due risultanti corrisponderebbero rispettivamente le f.e.m. ag-

$$-\frac{d\Phi_2}{dt} \quad \text{e} \quad -\frac{d\Phi_3}{dt}.$$

Torniamo ora al caso di fig. 1 e supponiamo in un primo tempo nullo il flusso al di fuori della sezione del nucleo: l'indicazione del voltmetro corrisponderà indifferentemente

alla somma delle tensioni lungo i due circuiti $A M B V$ ed $A N B V$.

Il primo di questi circuiti racchiude il nucleo attraversato dal flusso variabile Φ eppertanto in esso agirà la f.e.m. $d\Phi/dt$ alla quale si sottrae la caduta di tensione nel tratto $A M B$ dovuta alla corrente i che attraversa la spira $A M B N$ di resistenza R , corrente pari ad $(1/R) d\Phi/dt$.

La tensione misurata dal voltmetro sarà in conclusione

$$V = \frac{d\Phi}{dt} - \frac{L_1}{L} R \left(\frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt} \right) = \left(1 - \frac{L_1}{L} \right) \frac{d\Phi}{dt}.$$

Il secondo circuito ($A N B V$) non racchiude il nucleo attraversato dal flusso Φ , nè altri flussi secondo quanto

supposto, per cui in esso troviamo soltanto la caduta ohmica dovuta alla corrente i lungo il tratto di anello $A N B$ che sarà pari a

$$V = \frac{L - L_1}{L} R \frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt} = \left(1 - \frac{L_1}{L} \right) \frac{d\Phi}{dt}$$

come doveva essere.

Anche qui alla tensione dedotta dalla espressione di cui sopra si aggiungerebbe la tensione $e_1 = -d\Phi_1/dt$ dovuta alla variazione del flusso Φ_1 che fosse concatenato con il circuito $A N B V$.

Questa componente della tensione sarebbe dunque anche qui, strettamente legata al percorso dei collegamenti del voltmetro.

Un lettore.

NOTIZIE E INFORMAZIONI

Impianto termoelettrico di Bari

La Società Generale Pugliese di Eletticità ha pubblicato un elegante volume, signorilmente illustrato, descrittivo dell'impianto termoelettrico di Bari.

Per gentile concessione riportiamo qui un riassunto delle principali notizie.

La Società Generale Pugliese di Eletticità è stata costituita nel 1912 con lo scopo essenziale di distribuire nella Puglia energia prodotta localmente o trasportata da altre regioni.

dirizzi. Si decise, da una parte, che la Società Meridionale di Eletticità avrebbe costruito impianti di trasporto capaci di consentire larghi trasferimenti di energia dalle centrali idroelettriche delle regioni confinanti e, dall'altra, che la Società Pugliese avrebbe potenziato il sistema di distribuzione, provvedendo ad ampliarlo e renderlo atto a servire anche i grandi utenti industriali. Nel 1924, Bari, Terlizzi, Andria, Cerignola e Foggia furono collegate alle linee a 60 kV provenienti dalle centrali del Matese e nel 1926 entrava in esercizio la linea Sila-Bari a 150 kV, tensione massima alla quale si potesse realizzare un trasporto a quell'epoca. L'elettrodotto, dopo un percorso di circa 195 km, raggiungeva la stazione di Palagiano e

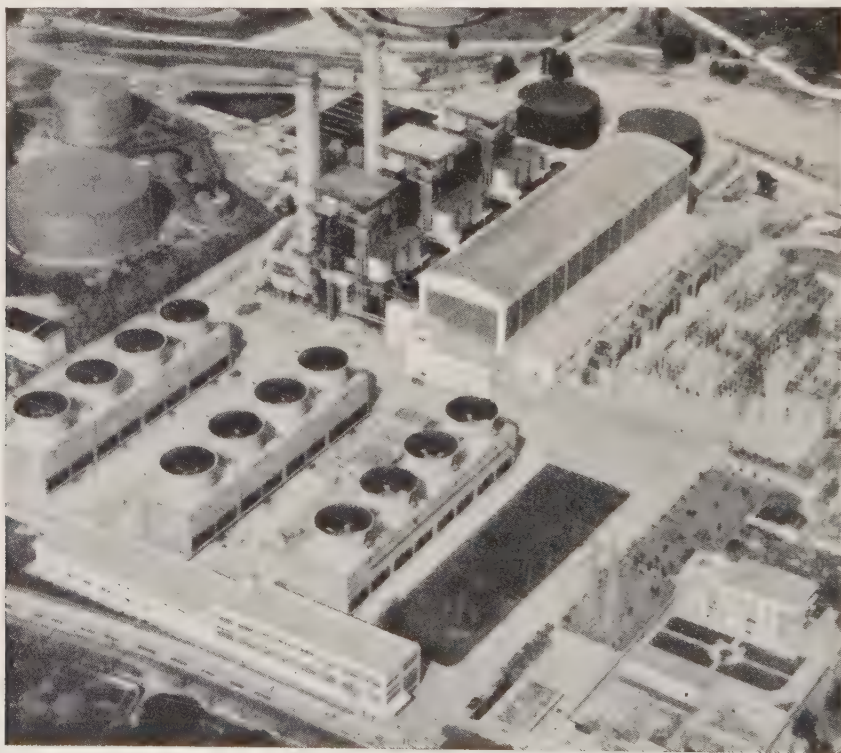


Fig. 1. — La centrale vista dall'alto.

A quell'epoca quasi tutto lo scarso quantitativo di energia disponibile nella Regione era prodotto da piccoli impianti termici dislocati nei principali centri abitati. E questa struttura del sistema di produzione e distribuzione continuò a mantenersi praticamente inalterata durante tutto il periodo della prima guerra mondiale. Nell'immediato dopoguerra la Società Pugliese ritenne indispensabile perseguire nuovi in-

proseguiva poi per quella di Bari. Nella stazione di Palagiano l'energia era trasformata a 60 kV per l'alimentazione, a questa tensione, delle provincie di Taranto, Brindisi e Lecce.

Anche la estensione del sistema di distribuzione aveva fatto notevoli progressi con l'allacciamento della quasi totalità delle industrie vecchie e nuove e con l'elettificazione, fin dall'anno 1932, di tutti i comuni della zona servita.

I risultati del nuovo indirizzo possono esser messi in evidenza da alcuni dati più significativi. L'energia immessa in rete, che nel 1920 non raggiungeva i 20 milioni di kWh, passava a circa 70 milioni nel 1930, a circa 130 milioni nel 1936 ed a 205 nel 1940.

Le previsioni di rapido sviluppo della richiesta apparivano, pertanto, pienamente confermate, per cui si decise la costruzione di un secondo trasporto a 150 kV, collegante la Puglia con le centrali sul fiume Pescara. Il nuovo elettrodotto fu

Con questi valori del carico, e nella ipotesi di una sempre più decisa affermazione del processo di industrializzazione del Mezzogiorno appariva opportuno avvisare al modo di fronteggiare tassi di incremento che potevano anche raggiungere valori dell'ordine dei 70-100 milioni di kWh per gli anni successivi al 1960.

L'esame delle residue disponibilità idroelettriche del Mezzogiorno metteva, però, in evidenza le gravi difficoltà che si incontravano a voler risolvere integralmente il problema se-

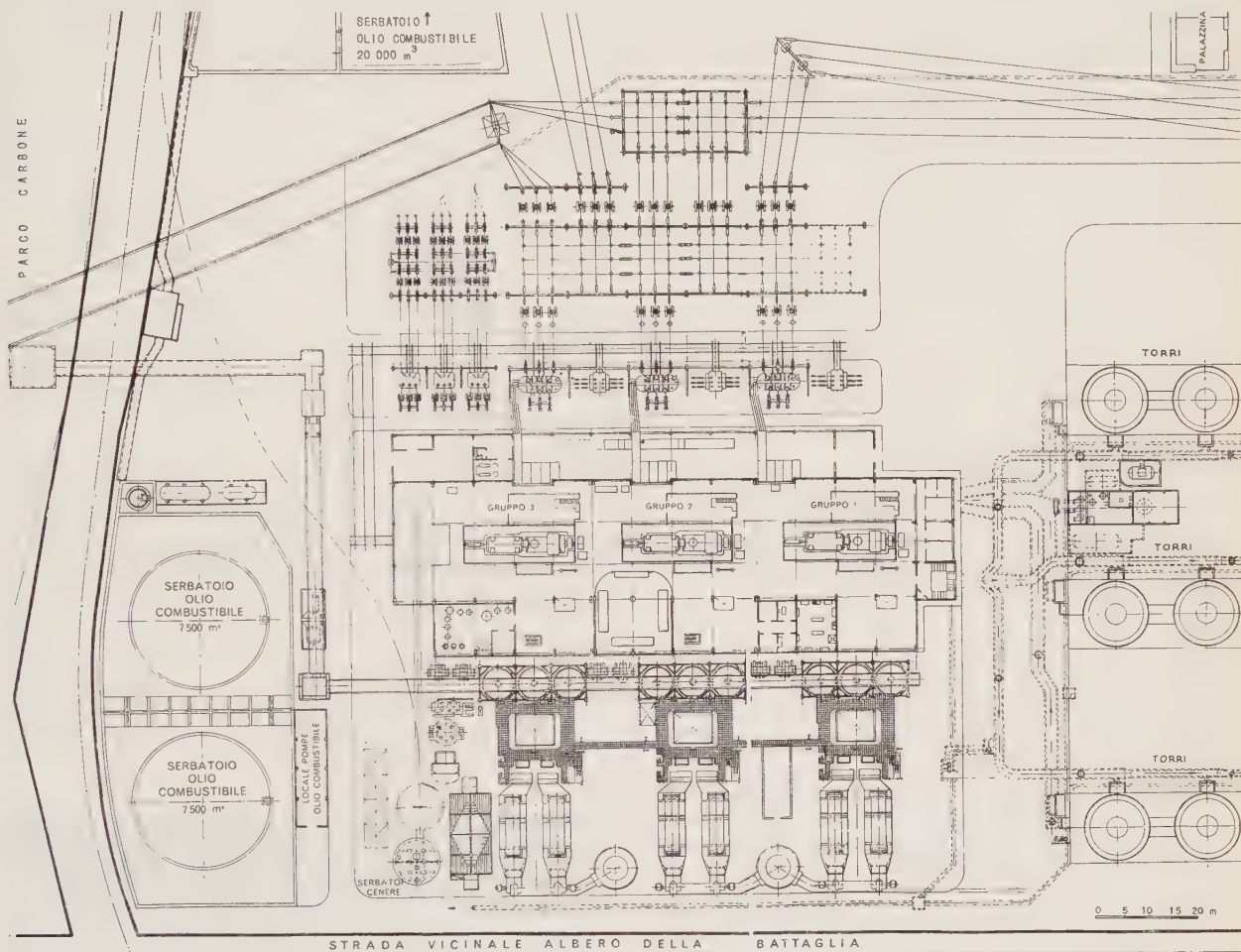


Fig. 2. — Planimetria generale della centrale.

ultimato nel 1938 insieme al potenziamento degli impianti ricevitori, realizzato, tra l'altro, con la costruzione di una seconda stazione a 150 kV a Bari, denominata Bari Nord, e del quadro a 150 kV della stazione di Foggia.

La guerra ed il successivo periodo di crisi rallentarono il ritmo di incremento della richiesta. Nel decennio 1940-1950 l'immesso in rete passò, in effetti, da circa 205 a circa 355 milioni di kWh. Noto fu però l'attività costruttrice dell'azienda nel settore della distribuzione, che venne resa sempre più capillare e potenziata con la messa in servizio di numerosi tronchi di linee a 60 kV e delle relative stazioni.

In previsione della ripresa dei notevoli tassi di incremento del passato, la Società Pugliese mise allo studio la costruzione di un terzo trasporto a 150 kV. Il nuovo elettrodotto, entrato in servizio nel 1954, collega Bari agli impianti sul Mucone in Sila attraverso la stazione di Rotonda. A mezzo di questo elettrodotto si è potuto avviare direttamente in Puglia anche la produzione dei due impianti sul fiume Coscile della Società Pugliese entrati in servizio, rispettivamente, negli anni 1949 e 1957. Gli impianti, se pure di dimensioni modeste, hanno costituito la prima fonte diretta di approvvigionamento di energia da parte della Società.

Nel fatto gli incrementi della richiesta negli anni successivi si dimostrarono soddisfacenti, per cui l'immesso in rete passò dai 355 milioni di kWh del 1950 ai 650 milioni del 1957, con una potenza massima dell'ordine dei 160 000 kW.

condo le direttive del passato. Pochi erano in effetti, gli impianti idroelettrici ancora eseguibili ed a costi specifici nettamente crescenti.

Appariva, pertanto, indispensabile, per il gruppo SME, passare dal sistema della generazione di base puramente idroelettrica a quello della generazione di base idrotermoelettrica. Si decise, in conseguenza, di costruire a Bari una centrale termica destinata essenzialmente a fornire energia di base. L'ubicazione della nuova centrale è stata dettata dalla evidente opportunità di far sorgere il primo impianto, avente funzioni del genere, in Puglia, nella regione cioè dell'Italia meridionale sprovvista, ad oggi, di proprie fonti di energia primaria e costituente, d'altra parte, il secondo centro di consumo del Mezzogiorno.

L'impianto ha una potenza complessiva di 205 500 kW ed è collegato sia agli esistenti elettrodotti a 150 kV, che a quello in corso di costruzione per Brindisi e Lecce. La producibilità annua dell'impianto, dell'ordine del miliardo di kWh, si aggiunge all'energia convogliabile nella regione con i menzionati elettrodotti Sila-Bari, Pescara-Bari, Rotonda-Bari. Nel complesso, e tenuto conto dei necessari margini di riserva delle varie installazioni, l'energia erogabile si ragguaglia almeno a 1 500 milioni di kWh, a fronte di un immesso in rete che nel 1960 difficilmente supererà gli 850 milioni di kWh. Incrementi annui, dell'ordine dei previsti 70-100 milioni di kWh, ed anche maggiori, come quelli che potrebbero

competere ad una diffusione della industrializzazione secondo i più recenti indirizzi di politica di localizzazione, saranno largamente soddisfatti, e per un numero di anni certamente superiore a quelli occorrenti per programmare altri impianti generatori.

*

L'impianto termoelettrico di Bari ha una potenza installata di 205 500 kW, suddivisa su tre sezioni da 68 500 kW; esso sorge a lato della Strada Statale n. 96 su un'area di complessivi 83 000 m² sulla quale era installata una stazione di trasformazione denominata Bari Nord.

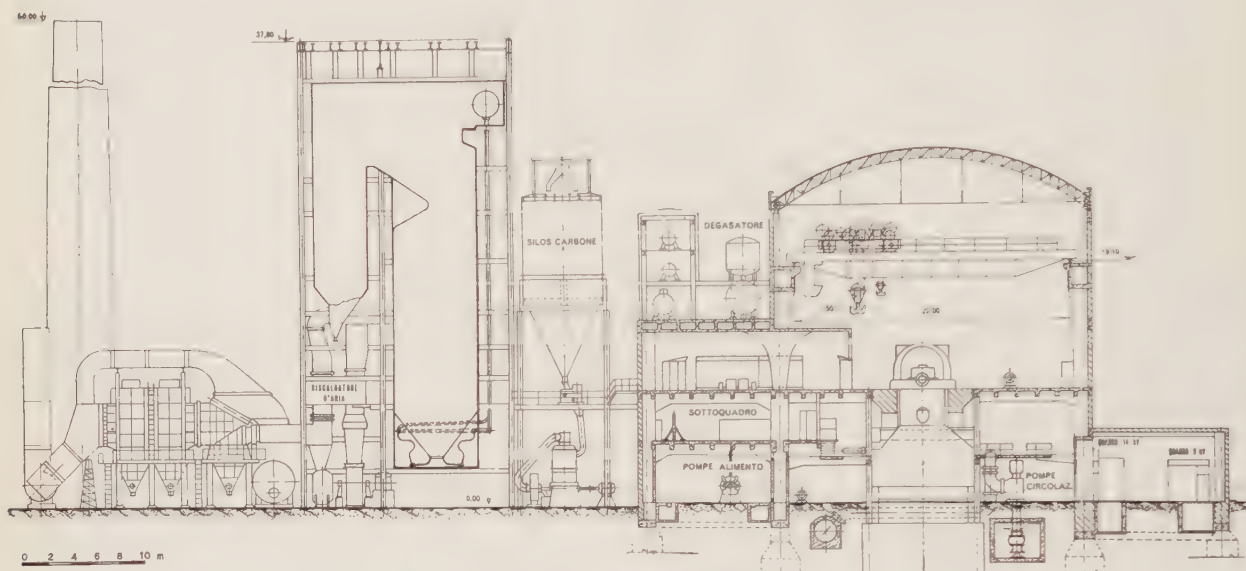


Fig. 3. — Sezione trasversale della centrale.

Le ragioni che hanno spinto a preferire tale area, sono state principalmente le seguenti:

- ubicazione al limite della città, ma già nella zona industriale;
- possibilità di approvvigionare i notevoli quantitativi di combustibili occorrenti senza oneri eccessivi. L'area, in effetti, è limitrofa a quella occupata dalla raffineria di petrolio e facilmente collegabile con i raccordi ferroviari della zona industriale per il trasporto del carbone dal porto;
- esistenza di una notevole falda freatica;
- coincidenza con un centro di convergenza di linee elettriche ad alta tensione e di partenza di linee di distribuzione;
- e finalmente che tale soluzione permetteva la più rapida realizzazione dell'impianto.

L'impianto è costituito da:

- la centrale propriamente detta, comprendente gli impianti generatori di vapore, le turbine ed i generatori elettrici, nonché le rispettive apparecchiature accessorie;
- le installazioni varie per il trasporto e deposito dei combustibili e per l'allontanamento della cenere e delle scorie, le torri di refrigerazione con i relativi condotti per il pompaggio, adduzione e restituzione dell'acqua;
- magazzini e officine, binari di raccordo con la rete ferroviaria, edifici dei servizi di mensa, spogliatoi e sanitari.

Fa parte dell'impianto una stazione di trasformazione per immettere l'energia elettrica nelle reti di trasporto e distribuzione a 150, a 60 e a 9 kV.

Nella disposizione generale delle varie parti costituenti l'impianto si è tenuto conto della specifica funzione a ciascuna di esse assegnata nel quadro generale e della posizione della stazione di trasformazione elettrica in rapporto alle linee in arrivo e in uscita per le varie zone da servire.

I tre generatori di vapore, capaci di produrre ciascuno 225 t/h, sono sistemati all'aperto e sono collegati direttamente ai rispettivi gruppi turboalternatori.

Per ogni generatore il tiraggio indotto è realizzato a mezzo di due ventilatori, direttamente accoppiati a motori elettrici da 370 kW ciascuno; i fumi pervengono a detti ventilatori e da questi ai camini, dopo aver ceduto calore all'aria comburente in due preriscaldatori Ljungström, e dopo aver attraversato i depolverizzatori centrifughi ed elettrostatici, che permettono di captare anche le più minute particelle, effet-

tuando così una efficace e sicura filtrazione dei prodotti gassosi della combustione.

I camini sono due: il primo serve i generatori n. 1 e 2 ed il secondo il generatore n. 3; sono alti 60 m ciascuno e costruiti in cemento armato con rivestimento interno di mattoni refrattari.

Quali combustibili possono essere impiegati, mediante opportuni bruciatori, olio residuo, carbone Sulcis o estero, metano; per la combustione a carbone, ogni generatore di vapore è equipaggiato con tre silos, della capacità di 250 t ciascuno, ubicati tra il generatore stesso e l'edificio della centrale; il carbone prelevato dai silos, dopo essere stato pesato

nelle apposite bilance, perviene ai mulini, da cui, sotto forma di polverino, viene aspirato mediante una corrente d'aria calda ed inviato ai bruciatori.

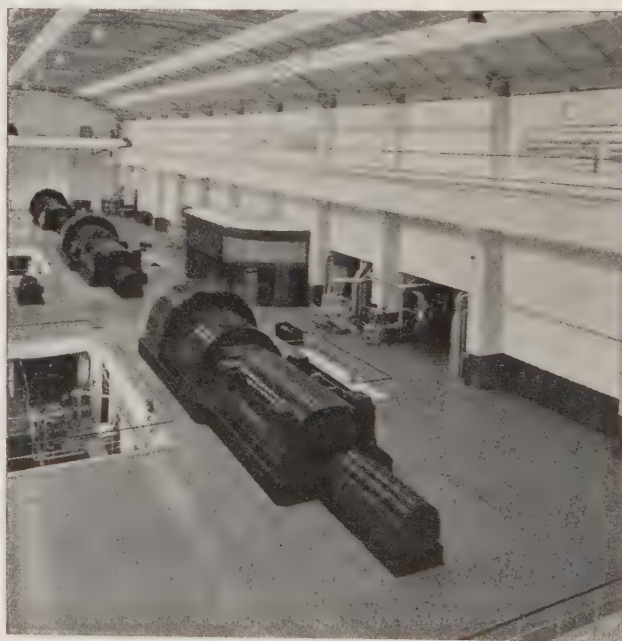


Fig. 4. — Sala macchine.

Al tiraggio forzato dell'aria necessaria alla combustione provvedono infine, per ogni generatore, due ventilatori azionati da motori elettrici da 240 kW ciascuno.

I generatori di vapore sono collegati tra loro mediante passerelle che consentono al personale di spostarsi direttamente

dall'uno all'altro; tra i generatori n. 2 e 3 è installato un ascensore montacarichi, della portata di 2 000 kg, per il rapido accesso ai vari ripiani di collegamento.

nali di perspex al soffitto che diffondono una gradevole luce uniforme.

Ivi i tre gruppi sono disposti allineati secondo il loro asse

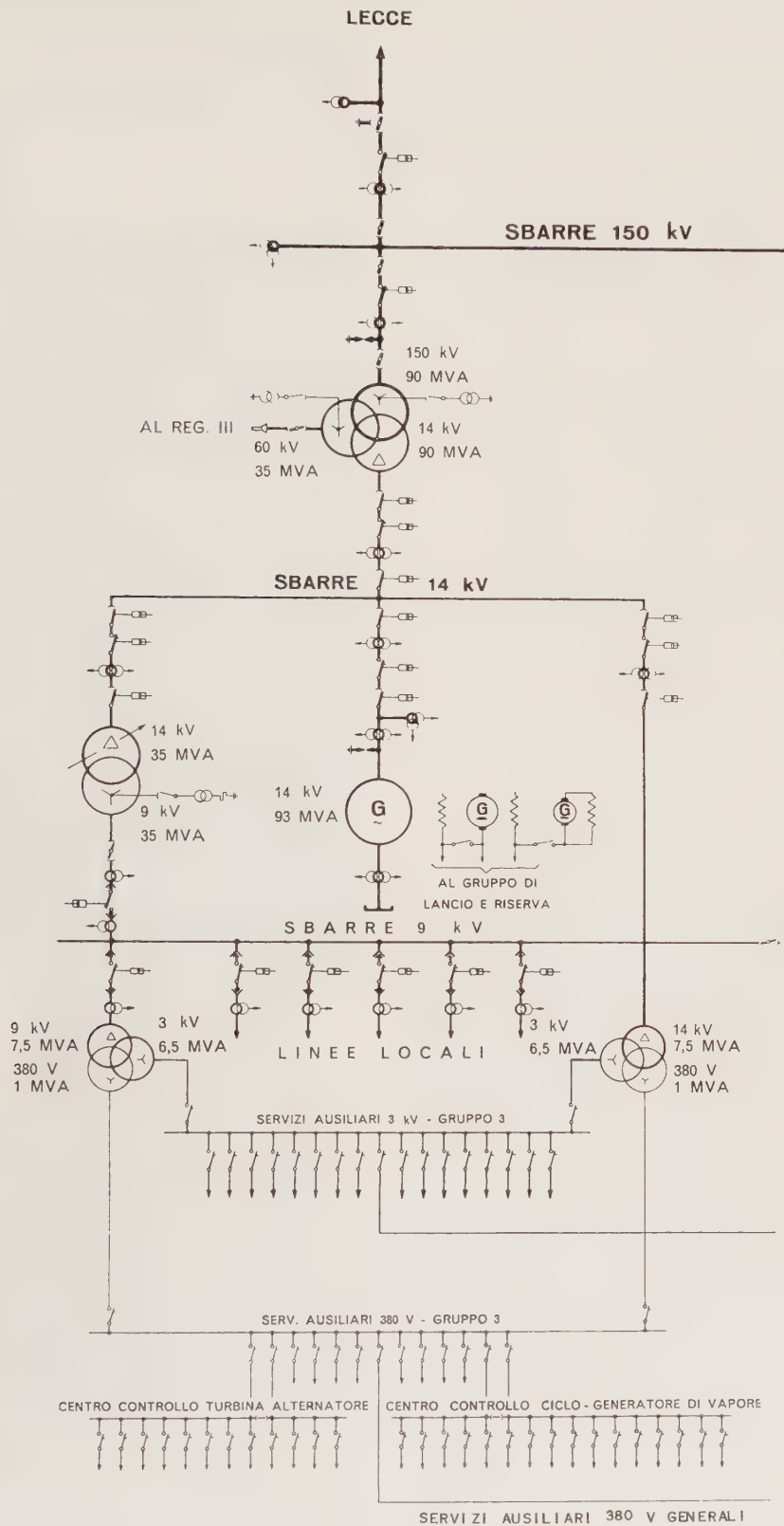


Fig. 5. — Schema unifilare del montante di un gruppo.

Dal piano di governo di ciascun generatore, che è a 8,30 m dal suolo, si accede mediante una passerella alla sala macchine dell'edificio principale della centrale, dell'ampiezza di 105 m per 25, munita di finestre a parete e lastre longitudi-

longitudinale, il che ha permesso, fra l'altro, di realizzare, nel caso specifico, una minore luce del carroponte di servizio.

Ciascun gruppo è costituito da una turbina a risurriscaldamento ed a condensazione con 6 spillamenti non regolati

(alimentata con vapore a 127 kg/cm² a 538 °C), cui è collegato un alternatore trifase, autoventilato in atmosfera di idrogeno, che, previo, distacco dalla turbina, può essere impiegato anche come compensatore sincrono; per tale scopo la centrale è dotata di un apposito gruppo di lancio.

Ciascun gruppo è dotato di un regolatore di velocità a comando oleodinamico, di un impianto di lubrificazione completo del relativo trattamento di depurazione, dell'impianto di refrigerazione dell'idrogeno in ciclo chiuso e del relativo essiccamento, nonché dell'apparecchiatura per la regolazione automatica della tensione.

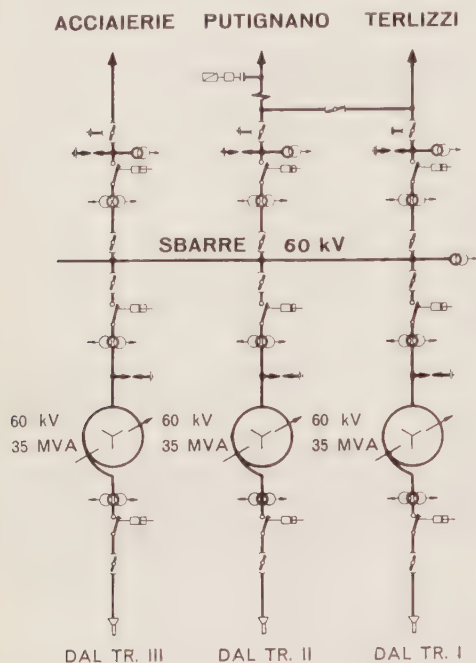


Fig. 5 bis. — Schema dei collegamenti a 60 kV.

Un condensatore a doppio flusso, equipaggiato con due pompe di circolazione, con due pompe di estrazione del condensato e con un eiettore a vapore a due elementi a due stadi, provvede alla condensazione del vapore di scarico della turbina; per la refrigerazione dell'acqua di circolazione nei condensatori viene impiegato un sistema a ciclo chiuso con torri refrigeranti a tiraggio indotto.

L'acqua di alimento viene spinta a ciascun generatore da due pompe, direttamente accoppiate a motori elettrici da 1700 kW, aventi ciascuna una portata di 270 t/h ed una prevalenza totale di 1600 m di colonna d'acqua. Esse sono ubicate al piano terra poco discoste dal condensatore.

Per l'acqua di supplemento di ciascun generatore di vapore provvede un evaporatore alimentato con acqua dell'acquedotto cittadino o, in caso di necessità, con acqua di pozzo. L'acqua è in ogni caso preventivamente trattata a caldo in un unico impianto a calce e soda (ubicato a fianco del generatore di vapore n. 3); attualmente è in corso la realizzazione di un impianto di demineralizzazione dell'acqua di città in modo da ottenere direttamente l'acqua adatta per l'integrazione del ciclo termico senza bisogno di ricorrere all'evaporatore.

Nella zona centrale della sala macchine, e precisamente sul lato sinistro di essa, è sistemata la *sala comandi e controlli*, nella quale sono centralizzati i quadri di comando e segnalazione relativi alla parte elettrica dell'impianto ed il complesso delle apparecchiature elettriche di regolazione e misura per il funzionamento automatico della parte termica; la regolazione può tuttavia anche essere effettuata manualmente dal quadro mediante opportuni telecomandi.

All'esterno dell'edificio vero e proprio della centrale, ed a quota 13,93 m, sono alloggiati gli evaporatori ed i degasatori e superiormente a questi, su due piani distinti, gli scambiatori di calore alta pressione.

Altri impianti ed apparecchiature di particolare rilievo ubicate negli altri piani dell'edificio principale sono:

- il laboratorio chimico, attrezzato per tutte le analisi delle acque, dei combustibili, dei fumi e degli oli lubrificanti;
- l'impianto di alimento chimico (idrazina, morfolina e fosfato) per la regolazione della concentrazione idrogenionica e l'eliminazione dell'ossigeno nell'acqua di alimento;
- l'impianto di dosaggio dei reagenti (calce e soda) per l'addolcimento dell'acqua da evaporare per l'integrazione al ciclo;

— i banchi di campionatura completi delle serpentine di raffreddamento per il prelievo dei campioni di acqua e vapore ;

— il laboratorio per la verifica, il controllo e la taratura di tutte le apparecchiature dell'intero impianto di regolazione;

— la caldaia elettrica da 3 000 kW, per il riscaldamento dell'olio combustibile in fase di avviamento;

— la stazione per la produzione di aria compressa, costituita da due compressori d'aria, a doppio effetto a due stadi, per pressione massima di 11,8 kg/cm² completi di serbatoi polmone;

- l'impianto di recupero spurghi della centrale;
- l'impianto, in ciclo chiuso, di raffreddamento dei cusci-

- l'impianto condizionamento aria della sala comandi.

Ognuno dei tre alternatori, erogante alla tensione di 13,8 kV, è collegato ai sistemi di sbarre a 150 e 60 kV tramite un trasformatore trifase a tre avvolgimenti della potenza di 90/90/35 MVA; il collegamento alternatore-trasformatore è realizzato con sbarre di rame in condotti metallici a fasi segregate.

Il quadro a 150 kV, a semplice sistema di sbarre, collega la centrale a tutte le linee di trasporto della Puglia a tale tensione (Andria-Foggia-Pescara, Rotonda-Mucone, Bari Sud-Palagianò-Timpagrande).

È in costruzione una quarta linea partente dal suddetto quadro e diretta a Brindisi e Lecce. Inoltre dal quadro a 150 kV parte anche una linea delle F.S.

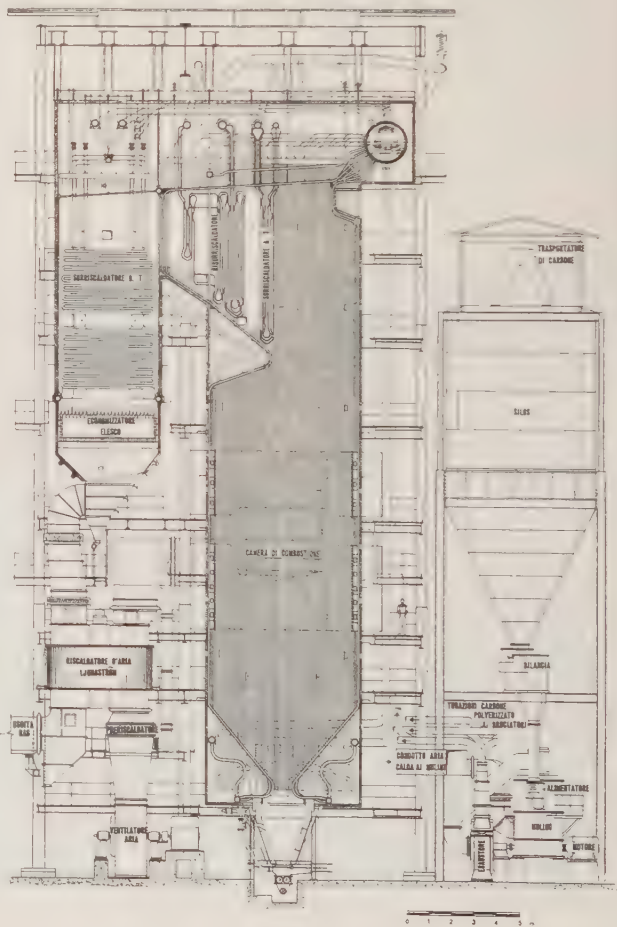


Fig. 6. — Sezione di una caldaia

Gli interruttori installati sia dal lato trasformatori, che dal lato linee sono a volume di olio ridotto con comando elettro-pneumatico e con potere di interruzione di 3 000 MVA. Gli interruttori sulle linee sono a richiusura rapida unipolare.

Anche il quadro a 60 kV è a semplice sistema di sbarre, ed è previsto per 3 linee di distribuzione; esso è alimentato dai trasformatori principali con l'interposizione di 3 autotrasformatori, da 35 MVA passanti, muniti di inseritori sottocarico. Sugli autotrasformatori e sulle partenze delle linee sono installati interruttori a volume di olio ridotto con comando elettro-pneumatico, aventi un potere di interruzione di 800 MVA; gli interruttori sulle linee sono a richiusura tripolare.

Sul lato 150 kV dei trasformatori principali e sull'uscita degli autotrasformatori sono inoltre installati scaricatori di sovratensioni.

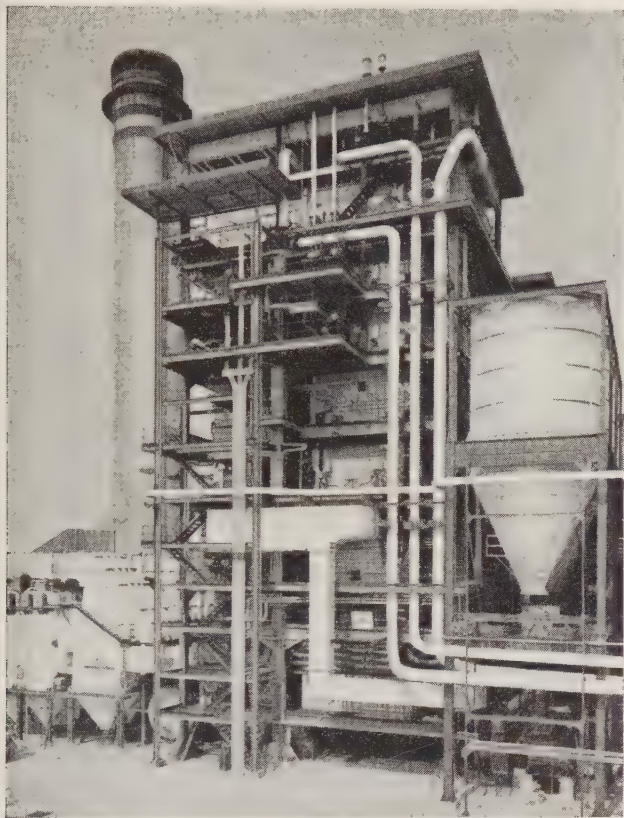


Fig. 7. -- Vista di una caldaia.

Fra ciascun alternatore e il relativo trasformatore principale è interposto un quadro a 14 kV, del tipo protetto per interno, con interruttori ad aria compressa aventi potere di interruzione di 1 500 MVA; da detto quadro si derivano due trasformatori trifasi, installati all'aperto, il primo dei quali, a tre avvolgimenti, da 7,5-6,5-1,0 MVA, fornisce l'alimentazione principale ai servizi ausiliari di gruppo a 3 kV ed a 0,380 kV, l'altro, a due avvolgimenti, da 35 MVA, munito di inseritore sottocarico, alimenta una delle tre sezioni del quadro a 9 kV, del tipo protetto per interno. Il quadro a 9 kV, che è attrezzato con interruttori aventi potere di interruzione di 1 000 MVA, è destinato al servizio di linee in cavo per la distribuzione cittadina. Ogni sezione del quadro a 9 kV alimenta pure un trasformatore a tre avvolgimenti, da 7,5-6,5-1,0 MVA, per il servizio di riserva agli ausiliari di gruppo, riserva che viene realizzata automaticamente, mediante opportune apparecchiature.

Sia i quadri a 14 kV sia quelli a 9 kV, sono ubicati sul lato destro del piano terra dell'edificio principale.

I servizi ausiliari dell'impianto sono alimentati alla tensione di 3 kV, per i carichi superiori a 75 kW, ed alla tensione di 0,380 kV per i carichi inferiori a tale potenza, e sono suddivisi in servizi di gruppo e servizi generali; questi ultimi sono alimentati attraverso opportuni quadri smistabili su ciascuno dei quadri di gruppo a 3 kV ed a 0,380 kV.

I quadri a 3 kV e quelli a 0,380 kV sono a semplice sistema di sbarre e sono attrezzati con interruttori in aria; entrambi sono ubicati sul lato sinistro del piano terra dell'edificio principale, in posizione baricentrica rispetto ai carichi.

L'impianto elettrico descritto è dotato di un complesso di protezioni che si può così sintetizzare:

- generatori elettrici: statorica di terra, massima tensione, massima corrente, differenziale, mancanza di campo, rotorica di terra (solo segnalazione), e contro le onde di sovratensione a mezzo di scaricatori e condensatori in parallelo su ogni fase;

- trasformatori: massima corrente, contro terra, differenziale, per accumulo gas, massima temperatura e immagine termica (queste ultime due, solo segnalazione);

- linee a 150, 60 e 9 kV: massima corrente e contro terra; solo le linee a 150 kV di interconnessione sono dotate anche di protezione distanziometrica ad impedenza.

Su apposito pannello nella sala controlli sono installati i comandi di tutti gli interruttori, nonché le apparecchiature di segnalazione e misura dei sistemi a 150, 60, 14 e 9 kV; il complesso dei relè di protezione è alloggiato invece su un unico quadro installato nel locale sottoquadro.

✱

Completano infine l'impianto i serbatoi di olio combustibile ed il parco carbone.

I serbatoi di olio combustibile sono tre: due da 7 500 m³, ubicati in appositi recinti all'estremità nord dell'edificio principale, ed uno da 20 000 m³, anch'esso contenuto in apposito recinto ubicato verso est, lateralmente al quadro all'aperto.

I tre serbatoi sono collegati tra loro e potranno ricevere il combustibile dalla vicina raffineria o direttamente dal porto.

In una zona posta alle spalle dei serbatoi è infine ubicato il parco carbone che è collegato alla centrale mediante opportuni nastri trasportatori; la potenzialità di detto parco è di 40 000 t il che assicura alla centrale una autonomia, a pieno carico, di circa 20 giorni.

Il servizio antincendi è costituito da un impianto tipo «sprinkler» ad acqua frazionata per i trasformatori e per i circuiti dell'olio lubrificante dei turboalternatori, da un impianto di irrorazione ad acqua ed uno ad anidride carbonica per i silos, per i mulini e per i tubi del polverino, e da un impianto a schiuma per i serbatoi dell'olio combustibile, che sono dotati di sversatori di adeguata potenzialità per una rapida immissione della schiuma.

Per l'alimentazione idrica dell'impianto antincendio è stata realizzata una rete di tubazioni, opportunamente interrata e tenuta sempre in pressione a 12 kg/cm² da un serbatoio auto-clave da 30 m³, alimentato da tre pompe da 8 000 l/min con prevalenza di 120 m, che vengono avviate mediante un pressostato, opportunamente tarato, ogni qualvolta la pressione, per effetto della richiesta scende al di sotto del valore prefissato.

Per la protezione contro le scariche atmosferiche, ciascun serbatoio di olio combustibile è messo elettricamente a terra attraverso un adeguato numero di dispersori, collegati anche alla rete di terra dell'impianto, ed è inoltre compreso nel raggio d'azione degli impianti antifulmine radioattivi, installati nei punti più alti.

✱

Le principali opere in cemento armato e idrauliche realizzate per la costruzione dell'impianto sono:

- l'edificio principale della centrale, delle dimensioni di 45,60 × 114,50 × 27,75 m, suddiviso in tre parti, praticamente eguali, con opportuni giunti trasversali di dilatazione e comprendente: 1) la sala macchine ed i locali ad essa sottostanti, in cui sono installati il maggior numero di macchinari ed apparecchiature; 2) i locali per i quadri di comando e controllo di tutto l'impianto, forniti di impianto proprio di condizionamento estivo-invernale; 3) i locali quadri a 9 e 14 kV e quelli destinati ad uffici del personale;

- l'edificio servizi e mensa, delle dimensioni di 13,40 × 95,60 × 10,90 m, in cui sono sistemati i locali magazzino, officina, cucina e mensa, quest'ultima prevista per un massimo di 150 persone;

- le fondazioni delle grandi strutture metalliche portanti dei generatori di vapore, dei silos per il carbone e dei captatori della cenere;

- le grandi condotte di aspirazione e mandata dell'acqua di circolazione, per il raffreddamento dei condensatori, con rivestimento interno in lamiera d'acciaio protetta da manto bituminoso anticorrosivo applicato a caldo;

- le tre torri di refrigerazione a tiraggio indotto, ognuna delle dimensioni di 14,30 × 74,00 × 19,00 m. Ciascuna di queste torri può servire indifferentemente uno qualsiasi dei tre grup-

pi turboalternatori con opportune manovre delle saracinesche e delle paratoie metalliche, a tenuta nei due sensi, installate sulle condotte di circolazione;

— i silos della cenere leggera e della cenere pesante e la relativa vasca di decantazione;

— le fondazioni dei serbatoi olio combustibile ed i corrispondenti muri di contenimento, per i quali è stato adottato un particolare tipo atto a permettere l'integrale utilizzazione delle elevate caratteristiche resistenti della roccia di fondazione;

— il complesso di opere del parco carbone;

— il sistema di pozzi trivellati ciascuno di diametro 0,40 m

prove effettuate con uno speciale dispositivo che ha permesso di trasmettere alla roccia in sito, senza doverlo materialmente realizzare, un carico complessivo di 200 t, cui corrisponde una sollecitazione unitaria di circa 20 kg/cm^2 .

Le principali strutture di fondazione sono state eseguite con calcestruzzo di cemento ad alta resistenza, vibrato, di appropriata granulometria ed armature in acciaio Aq 42, mentre per le strutture in elevazione, calcolate tenendo conto della loro solidarietà, sono stati impiegati lo stesso tipo di calcestruzzo, acciaio Aq 42 ed acciaio speciale ad alto limite elastico.

La copertura della sala macchine è costituita da un solaio



Fig. 8. — Cabina all'aperto.

e profondo circa 40 m, per l'emungimento, alla profondità di 19 m sotto il relativo pelo libero, dalla falda freatica dell'acqua necessaria a sopperire alle esigenze di esercizio dell'impianto. Detto sistema è realizzato con 4 pozzi ubicati, fra le torri di refrigerazione n. 2 e 3, nei vertici di un rettangolo di $10 \times 18 \text{ m}$ e con altri 2 pozzi (di riserva) distanti fra loro 10 m e situati in adiacenza dei serbatoi olio combustibile.

Il piano di posa di tutti i plinti isolati, collegati con robusti cordoli, di fondazione dei pilastri degli edifici, di quelli

in laterizio portato da capriate metalliche ad arco, a sezione scatolare, a spinta eliminata e da arcarecci metallici, anch'essi a sezione scatolare.

L'adozione di questo tipo di struttura ha permesso di ottenere una sensibile riduzione dei tempi di costruzione.

Per un migliore comportamento statico delle strutture verticali della sala macchine, particolarmente in relazione alla portata al gancio di 150 t del carroponente in essa installato, è stato adottato per il sostegno della relativa via di corsa una



Fig. 9. — Scaricatori e interruttori a 150 kV.

delle strutture metalliche portanti dei generatori di vapore e silos carbone e dei pilastri dei silos cenere, delle piastre di fondazione dei gruppi turboalternatori e dei camini, è costituito da calcestruzzo compatto, in banchi di notevole potenza, la cui uniformità è stata controllata con sondaggi opportunamente predisposti.

Su detto piano di posa è stato previsto un carico unitario massimo di 8 kg/cm^2 , stabilito in relazione ai risultati delle

trave in cemento armato a sezione cava, diaframmata, dotata di grande rigidità torsionale ed atta, pertanto, a realizzare la distribuzione delle azioni trasmesse dal carroponente a tutti i pilastri di ciascuna sezione della centrale.

I lavori sono stati iniziati il 25 settembre 1956, e condotti avanti alacremente, in modo che il 9 luglio 1958 entrava in servizio la prima sezione, il 31 gennaio 1959 la seconda sezione e il 25 novembre 1959 la terza sezione.

*

Le ormai tradizionali **Giornate della Energia Nucleare** a Milano si svolgeranno quest'anno dal 16 al 18 dicembre presso il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica.

Le Memorie da presentare devono rappresentare un contributo originale teorico o sperimentale e saranno esaminate da una apposita Commissione che giudicherà sulla accettazione.

Gli Autori dovranno inviare alla Segreteria del Convegno (Milano - Via S. Tommaso 3) il testo in duplice copia entro il 30 ottobre p.v., insieme a un largo riassunto.

Per informazioni e iscrizioni rivolgersi alla Federazione Società Scientifiche e Tecniche (Milano - Via S. Tommaso 3).

* *

Un **Convegno sui trattamenti termici** verrà tenuto, per iniziativa del Centro « Scienza dei metalli » a Genova nei giorni 28-29 ottobre 1960.

Per informazioni rivolgersi alla Associazione Italiana di Metallurgia (Milano - Via Moscova 16).

* *

Il primo Congresso della I.F.A.C. (International Federation of Automatic Control) (Mosca, 27 giugno-7 luglio 1960)

La I.F.A.C. è una federazione internazionale di associazioni tecniche e scientifiche interessate al controllo automatico.

Le associazioni aderenti non possono tuttavia essere più di una per nazione, cosicché in molti paesi dove esistono associazioni o enti diversi interessati ai problemi del controllo automatico si è dovuto creare un organismo speciale cui affidare la rappresentanza di quel paese in seno all'I.F.A.C. A questo scopo, ad esempio, negli U.S.A. è stato costituito l'American Automatic Control Council, in Inghilterra la British Conference on Automation and Computation, ecc.

L'Italia è rappresentata nell'I.F.A.C. dal Consiglio Nazionale delle Ricerche che ha affidato questo compito ad una Commissione di Studio per l'Automazione, già in precedenza esistente ed opportunamente integrata in relazione a tale nuova esigenza. Fanno parte di questa Commissione rappresentanti dell'A.E.I., dell'A.M.I., dell'A.N.I.P.L.A., dell'A.T.I., della S.C.I. e dell'Istituto per l'Automazione.

La costituzione ufficiale della I.F.A.C. è avvenuta in una riunione tenuta a Parigi l'11 ed il 12 settembre 1957 da delegati di 18 nazioni, fra le quali l'Italia. Dopo alcune riunioni preparatorie tenute a Zurigo ed a Roma, la prima assemblea generale si è svolta nel settembre 1959 a Chicago e la seconda a Mosca in occasione del 1° congresso scientifico.

Gli organi principali dell'I.F.A.C. sono il Comitato Esecutivo ed il Comitato Consultivo, cui fanno capo i seguenti Comitati Tecnici:

1) Teoria; 2) Applicazioni; 3) Componenti; 4) Educazione; 5) Terminologia; 6) Bibliografia.

L'Italia è presente nel Comitato Esecutivo con il prof. Evangelisti, nel Comitato Consultivo con il prof. Foddìs e nei comitati tecnici relativi alla Teoria, ai Componenti, alla Terminologia ed alla Educazione. Quest'ultimo Comitato è presieduto dal prof. Marino.

Il primo Presidente dell'I.F.A.C. è stato Harold Chestnut (U.S.A.), il secondo è, attualmente, Aleksander M. Letov (U.R.S.S.).

La finalità fondamentale dell'I.F.A.C. è quella di promuovere il progresso tecnico e scientifico nel campo del controllo automatico con ogni mezzo idoneo e, in particolare, con congressi scientifici internazionali.

Il primo congresso dell'I.F.A.C. è stato tenuto a Mosca dal 27 giugno al 7 luglio 1960 e ad esso hanno partecipato congressisti di 29 nazioni; particolarmente numerose le delegazioni russa (397 delegati) ed americana (137); pure numerose quelle della Francia (49), della Gran Bretagna (78), delle due Germanie (103) e dell'Ungheria (99). La delegazione italiana era costituita di 26 membri.

Le memorie presentate al congresso erano circa 270, ed erano state selezionate fra più di 400 sottoposte al Comitato di Accettazione. Esse coprono, praticamente, tutto il campo del controllo automatico e sono state classificate in tre gruppi

più fondamentali, relativi alla teoria ai componenti ed alle applicazioni.

Per dare una idea degli argomenti trattati è utile elencare specificatamente le varie sezioni in cui ciascuno dei gruppi principali, ora nominati, è stato suddiviso.

Nel gruppo « Teoria » le sezioni erano: sistemi lineari continui; sistemi non lineari continui; sistemi discreti; teoria statistica; problemi di ottimizzazione; sistemi adattativi; teoria delle strutture e dei segnali; problemi speciali di matematica; simulazione; metodi sperimentali di ricerca.

Nel gruppo « Componenti » le sezioni erano: componenti elettrici e magnetici; dispositivi di calcolo analogici e numerici; apparecchiature per il controllo integrato; dispositivi pneumatici di controllo e di calcolo; strumentazione di controllo.

Nel gruppo « Applicazioni » le sezioni erano: automazione nelle industrie manifatturiere; negli impianti elettrici; nelle industrie chimiche; negli impianti di raffinazione; nell'industria siderurgica; problemi del controllo automatico di macchine elettriche.

Il contributo italiano si riassume nelle seguenti memorie:

— *Teoria*: A. Lepschy e A. Ruberti « Una regola per la verifica diretta del criterio di Nyquist su diagrammi non polari ». - E. D'Addio « Sistemi di controllo automatico sotto l'aspetto dell'intuizione e del concetto formale ».

— *Componenti*: P. Schiaffino « Comportamento di materiali ferro-magnetici con cicli di isteresi rettangolari ». - G. Puccioni « Controllo automatico con telescriventi ».

— *Applicazioni*: G. Evangelisti « Sul problema della regolazione della frequenza negli impianti idroelettrici ». - G. Quazza « Regolazione di velocità nei motori asincroni per mezzo di reattori saturabili ». - G. Segre « Controlli automatici sulle reti ad alta tensione del Gruppo Edison ».

Le dimensioni del congresso non consentono ovviamente alcuna analisi particolareggiata dei temi trattati e nemmeno dei principali risultati relativi ai diversi settori. Sarà tuttavia opportuno mettere in evidenza il grande interesse degli atti di questo convegno, di cui sono già state pubblicate le bozze e che compariranno in forma definitiva (completa anche delle discussioni) entro l'anno, in una edizione inglese curata da Butterworths e diffusa dalla Pergamon Press ed in una edizione russa. Infatti i rendiconti del congresso, oltre a comprendere numerosi contributi di carattere originale, permetteranno di individuare, sia in molte delle memorie, sia nelle esaurienti discussioni, tutti i principali problemi all'ordine del giorno ed i risultati fin qui raggiunti nelle diverse branche della teoria e della tecnica del controllo automatico, comprese quelle più recenti e di maggior attualità. Vi si troveranno infatti, accanto alle notizie relative alla produzione scientifica dei paesi occidentali, anche quelle relative agli studi condotti nell'Unione Sovietica, che in questo campo sono di notevole importanza, ed in altri paesi la cui letteratura tecnica non è sempre facilmente accessibile.

* *

La **sesta Sessione Plenaria della World Power Conference** sarà tenuta a Melbourne dal 20 al 26 ottobre 1962 col tema generale: « I nuovi aspetti nel campo dell'energia ».

I lavori saranno divisi in 5 Sezioni che si occuperanno rispettivamente dei seguenti argomenti: Risorse energetiche - Produzione e miglioramento delle fonti primarie di energia - Trasformazione dell'energia primaria in energia secondaria e trasporto dell'energia - Utilizzazione dell'energia primaria e secondaria - Valutazione economica delle varie fonti di energia.

Per informazioni rivolgersi al Comitato Italiano per la Conferenza Mondiale dell'Energia (Roma - Lungotevere Tordinona 1) oppure direttamente a: World Power Conference - Australian National Committee (45, Little Lonsdale Street - Melbourne C. I. Victoria - Australia).

* *

Durante l'anno accademico 1960-61 si svolgerà, presso la Facoltà di ingegneria dell'Università di Roma, il **Corso di perfezionamento in energia nucleare**.

Il Corso inizierà nel mese di novembre 1960 ed avrà la durata dell'anno accademico.

Ad esso possono essere ammessi esclusivamente laureati in ingegneria.

Il Corso si compone di due parti:

PARTE A CARATTERE INTRODUTTIVO

Comprende i seguenti insegnamenti:

- 1) *Fisica nucleare* (prof. R. Querzoli - dr. B. Brunelli) -
- 2) *Fisica del reattore* (prof. E. Persico); *Esercitazioni* (dr. D. Prosperi) -
- 3) *Tecniche e misure di fisica nucleare* (prof. S. Sciuti); *Esercitazioni di laboratorio* (dr. M. C. Ramorino) -
- 4) *Problemi di sicurezza e dosimetria* (dr. A. Scafati).

PARTE APPLICATIVA

Comprende i seguenti insegnamenti:

- 5) *Ingegneria del reattore*: a) *Struttura e funzionamento del reattore* (prof. A. M. Angelini); *Esercitazioni* (ing. L. Sani); b) *Avviamento alla progettazione del reattore* (prof. A. M. Angelini); *Esercitazioni* (ing. L. Sani); c) *Reattori di ricerca, strumentali e prototipi* (prof. D. Sette); d) *Strumentazione nucleare e controllo* (ing. L. Sani); *Esercitazioni di laboratorio* (ing. F. Zanchi) -
- 6) *Tecnologia dei materiali impiegati negli impianti nucleari*: a) *Metallurgia dell'uranio, del torio, dei metalli strutturali e dei metalli di controllo. Tecnologia dei materiali non metallici* (prof. F. De Carli); b) *Mutamenti nella struttura dei materiali per effetto delle radiazioni* (prof. P. Spinedi) -
- 7) *Termotecnica del reattore*: a) *Problemi termici e di moto dei fluidi nel reattore di potenza e schermatura del medesimo* (prof. G. Parolini); *Esercitazioni* (ing. A. Calori, dr. S. Faggiani); *Esercitazioni di laboratorio* (dr. S. Faggiani, dr. M. Serra); b) *Installazioni termiche e meccaniche* (prof. M. Oberziner); c) *Sollecitazioni nelle strutture dei reattori nucleari* (prof. A. Castagna) -
- 8) *Chimica e chimica-fisica dell'ingegneria nucleare*: a) *Chimica del reattore nucleare* (prof. E. Mariani); *Esercitazioni* (ing. A. Giona); *Esercitazioni di laboratorio* (ing. A. Giona); b) *Separazione degli isotopi dell'uranio* (prof. R. Turriziani); c) *Produzione dell'acqua pesante* (prof. D. Dinelli).

Per ottenere l'iscrizione al Corso occorre presentare all'Ufficio di Segreteria (Città Universitaria), entro il 5 novembre 1960 domanda redatta su carta legale da L. 100, diretta al Rettore coi documenti di rito.

* *

A cura dell'Associazione Nazionale di Ingegneria Sanitaria (A.N.D.I.S.) è stato organizzato un **Corso di studio e di aggiornamento sulla corrosione delle condotte d'acqua e sulla protezione passiva e catodica delle stesse.**

Il Corso avrà luogo a Napoli dal 24 al 29 ottobre 1960 presso l'Istituto di Elettrochimica di quella Università.

Le lezioni verteranno sui seguenti principali argomenti:

- importanza economica dei fenomeni della corrosione;
- teoria elementare dei fenomeni di corrosione;
- aspetti reali dei fenomeni di corrosione;
- corrosione delle condotte in cemento armato e cemento armato precompresso;
- tipi di protezione della corrosione: protezione passiva, protezione attiva.

Sono previsti esperimenti pratici e visite ad impianti e in ogni giorno un periodo dedicato alla discussione.

Per informazioni rivolgersi alla Sede dell'Associazione, Via Vittorio Emanuele Orlando 90 - Roma - tel. 487.397.

* *

Il 26 novembre 1960, presso il Politecnico di Milano inizierà il **5° Corso di aggiornamento in Urbanistica Tecnica.**

Sono ammessi al Corso i laureati in Ingegneria, Architettura, Giurisprudenza, Economia, Agraria e scienze interessanti l'Urbanistica, fino a un numero massimo di 40 allievi.

Per l'iscrizione, occorre inoltrare domanda (su carta bollata da L. 100) al Rettorato del Politecnico, entro il 24 novembre, allegando i documenti di rito.

Gli insegnamenti obbligatori sono:

- Problemi urbanistici generali ed economico-sociali* (C. Chiodi) -
- Disciplina dello sviluppo dei centri urbani* (G. Muzio) -
- Rispetto dell'ambiente nell'attuazione dei piani* (L. Dodi) -
- Indagini urbanistiche ed elementi urbanistici* (V. Colombo) -
- Attuazione e aggiornamento dei piani regolatori* (A. Edallo) -
- Il piano particolareggiato* (M. Morini) -
- Urbanistica regionale* (A. Susini) -
- Servizi tecnologici urbani* (G. Amorosi) -
- Impianti del sottosuolo* (A. Colombo) -
- Strade, viabilità e traffico extraurbano* (A. Berti) -
- Strade, viabilità e traffico urbano* (G. Pellizzi) -
- Trasporti pubblici urbani e suburbani* (M. Moretti) -
- Attrezzature speciali delle città* (L. Guagliumi) -
- Economia di attuazione dei piani* (E. Silva) -
- Legislazione urbanistica* (D. Rodella).

Le lezioni verranno svolte esclusivamente il sabato mattina, e dureranno fino al 27 maggio 1961.

In aggiunta ai suindicati insegnamenti, saranno tenute conferenze su singoli argomenti specifici ed effettuate visite illustrative.

* *

Concorsi a borse di studio. — Presso il CNR sono indetti i seguenti concorsi.

Concorsi a 72 borse da usufruirsi presso istituti o laboratori italiani, per studi e ricerche nelle discipline attinenti alle scienze esatte, sperimentali e tecniche.

Le 72 borse sono ripartite tra i vari gruppi di discipline nel modo che segue:

- a) per la matematica n. 2; b) per la fisica n. 8; c) per la chimica n. 13; d) per l'ingegneria n. 6; e) per l'architettura n. 3; f) per la biologia n. 14; g) per la medicina n. 8; h) per l'agricoltura e la zootecnia n. 10; i) per la geografia, la geologia e la mineralogia n. 7; l) per la talassografia n. 1.

I concorsi sono per titoli e sono indetti separatamente per ciascuno dei gruppi di discipline sopraelencati.

L'importo di ciascuna borsa è di L. 60.000 lorde mensili. Tuttavia, nei riguardi degli assistenti universitari straordinari, tale importo sarà ridotto di una somma pari all'ammontare lordo mensile degli emolumenti loro corrisposti dall'Università o Istituto da cui dipendono.

Possono partecipare ai concorsi i cittadini italiani che abbiano conseguito la laurea, presso una Università o Istituto superiore italiano, dopo il 31 dicembre 1954.

Le domande di ammissione ai concorsi, devono essere fatte pervenire al Consiglio nazionale delle ricerche - Segreteria Generale - in Roma, Piazzale delle Scienze 7, entro il perentorio termine del 30 settembre 1960.

Concorsi a 38 borse da usufruirsi presso istituti o laboratori esteri, per studi e ricerche nelle discipline attinenti alle scienze esatte, sperimentali e tecniche.

Le 38 borse sono ripartite fra i vari gruppi di discipline nel modo che segue:

- a) per la matematica n. 2; b) per la fisica n. 4; c) per la chimica n. 7; d) per l'ingegneria e l'architettura n. 2; e) per la biologia n. 8; f) per la medicina n. 6; g) per l'agricoltura e la zootecnia n. 5; h) per la geografia, la geologia, la mineralogia e la talassografia n. 4.

I concorsi sono per titoli e sono indetti separatamente per ciascuno dei gruppi di discipline sopraelencati.

L'importo di ogni borsa, comprendente esclusivamente le spese del viaggio di andata e ritorno e le spese di soggiorno, sarà stabilito dal CNR, a suo discrezionale e insindacabile giudizio, tenuto conto del costo della vita nel Paese di destinazione del borsista e di ogni altra opportuna circostanza. In nessun caso peraltro detto importo potrà eccedere, per la parte concernente le spese di soggiorno, le 245.000 (duecentoquarantacinquemila) lire lorde mensili, intendendosi tale importo massimo stabilito per le borse da usufruirsi in Paesi di oltre Atlantico.

Possono prendere parte ai concorsi i cittadini italiani che abbiano conseguito la laurea, presso una Università o Istituto superiore italiano.

Le domande di ammissione ai concorsi devono essere fatte pervenire al Consiglio nazionale delle ricerche - Segreteria Generale - in Roma, Piazzale delle Scienze 7, entro il perentorio termine del 30 settembre 1960.

* *

Bando di concorso a 70 borse per studi e ricerche. — Il Ministero degli Affari Esteri, d'intesa con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, bandisce i concorsi, per titoli, a 70 borse di studio, messe a disposizione dalla Organizzazione del Trattato dell'Atlantico del Nord (NATO) per il 1960-61.

Le predette borse sono ripartite fra i vari gruppi di discipline nel modo che segue:

- a) per la matematica n. 3; b) per la fisica n. 8; c) per la chimica n. 13; d) per l'ingegneria n. 5; e) per la biologia n. 15; f) per la medicina n. 11; g) per l'agricoltura e la zootecnia n. 8; h) per la geografia, la geologia, la mineralogia e la talassografia n. 7.

La durata delle borse sarà determinata dalla Commissione giudicatrice in relazione al programma di studi e ricerche proposto dal candidato: essa non potrà comunque essere superiore a 12 mesi.

Ogni borsista riceverà un'indennità comprensiva delle spese del viaggio di andata e ritorno e delle spese di soggiorno per tutta la durata della concessione. L'importo dell'indennità sarà stabilito dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, tenuto conto del costo della vita nel Paese di destinazione del borsista e di ogni altro fattore rilevante.

Possono prendere parte ai concorsi i cittadini italiani che abbiano conseguito la laurea in una Università o Istituto superiore Italiano.

Le domande di ammissione ai concorsi devono essere fatte pervenire al Consiglio Nazionale delle Ricerche - Segreteria Generale - in Roma, Piazzale delle Scienze 7, entro il perentorio termine del 30 settembre 1960.

* *

La Azienda Elettrica Municipale di Milano ha indetto un **Concorso per 15 borse di studio** per periti elettrotecnici e periti meccanici, i quali abbiano conseguito il diploma presso scuole riconosciute ed abbiano compiuto gli anni 18 e non superato gli anni 24 alla data del presente avviso.

I beneficiari delle borse di studio saranno ammessi ad un corso di applicazione pratica, della durata di un anno.

Il corso si svolgerà presso i Reparti dell'Azienda, in Milano e in Valtellina, preposti ai vari servizi tecnici.

Ai partecipanti al corso verrà corrisposto un importo di mensili L. 45 000 a titolo rimborso spese.

L'ammissione al corso sarà fatta da un'apposita Commissione Esaminatrice dopo gli opportuni esami culturali e sanitari.

Le domande dovranno essere presentate agli Uffici del Personale dell'Azienda - Via della Signora, 8- non oltre le ore 18 del giorno 30-9-1960.

* *

In memoria di Giovanni Carosio. — Il 24 giugno scorso a Moyopampa circa 40 km da Lima, nella centrale idroelettrica che porta il suo nome, è stato scoperto un busto a Giovanni Carosio fondatore, della Empresas Electricas Asociadas e della Hidroelettrica Andina e creatore delle elettrificazione di tutta la regione secondo un piano cinquantennale da lui elaborato quarant'anni fa. Nello stesso giorno, qui in Italia, la rassegna aziendale «Via Italcable» pubblicava un numero unico in commemorazione dello stesso ing. Carosio, fondatore e Presidente della Società Italcable, deceduto a Baveno esattamente un anno prima.

Da questa pubblicazione si ha un'abbastanza documentato resoconto dell'attività di questo Italiano che, se dotò l'Italia di una rete di cavi sottomarini — che l'ha portata dal

nono al quinto posto fra le nazioni detentrici di cavi, — e se nel Perù realizzò la elettrificazione del Paese con un'imponente rete di gallerie ed acquedotti lunga oltre 70 km che fra qualche anno finiranno con convogliare dall'Atlantico al Pacifico anche le acque dell'Amazonia Occidentale da altezze superiori ai 4 000 m, assicurando una disponibilità di quasi due miliardi di kWh annui, ha voluto invece riposare in terra argentina perchè là egli aveva fatto la sua esperienza e la sua fortuna.

È infatti a Buenos Aires dove era emigrato nel 1899 che Carosio cominciò con la vendita di apparecchiature e macchine quell'attività che nel 1916 con 15 000 kW installati (oggi sono 500 000) portava la Italo Argentina da lui fondata cinque anni prima ad affrancare la metropoli platense dal monopolio tedesco dell'energia elettrica. Contemporaneamente si era splendidamente affermata la reputazione internazionale che gli era valsa nel 1908 l'associazione e che gli varrà nel 1921 la full membership alla Royal Institution of Mechanical Engineers.

Non è possibile nemmeno delineare qui — sia pure a grandissime linee — la mole delle realizzazioni Carosiane. A Moyopampa l'ing. Wunemburger Direttore Generale della Empresas Electricas Asociadas l'ha definita in cifre: una compagnia di telecomunicazioni, cinque società industriali, nove imprese elettriche di servizi pubblici, undici società finanziarie commerciali, quarantacinque centrali elettriche.

Il fascicolo citato illustra invece le vicende della Società italiana di telecomunicazioni. Ne indica le origini schiettamente italiane, ne lumeggia le vicende, ponendo in rilievo la efficacia delle direttive carosiane durante la prima e la seconda attivazione degli impianti, il ripristino dopo l'ultima guerra, e negli sviluppi che hanno portato l'Italcable alla attuale posizione di prestigio nell'aeropago internazionale delle comunicazioni.

Particolarmente interessanti: il suo atteggiamento nel 1924-1925 verso la radiotelegrafia con la partecipazione dell'Italcable nella Italo Radio, la tutela della sua indipendenza di fronte ad indebite ingerenze sia politiche sia amministrative dello Stato, la convinzione profonda che nei pubblici servizi, proprio il pubblico sia il padrone che tutti, datori di lavoro e prestatori d'opera, debbono servire ed essere fieri di servire.

* *

L'VIII Convegno Internazionale delle Comunicazioni si svolgerà a Genova dal 3 al 12 ottobre 1960.

I lavori si svolgeranno su 5 Sezioni riguardanti rispettivamente: Comunicazioni marittime - Comunicazioni terrestri - Comunicazioni spaziali - Comunicazioni aeree - Telecomunicazioni.

Per informazioni rivolgersi alla Segreteria del Convegno, presso il Civico Istituto Colombiano (Genova - Palazzo Tursi).

LA NOSTRA INDUSTRIA

In questa rubrica vengono pubblicate a titolo assolutamente gratuito ed a giudizio esclusivo della Redazione notizie riguardanti la produzione e lo sviluppo delle industrie nazionali

Fondazioni di massima convenienza

Generalità.

Gli elementi principali che concorrono alla stabilità di una fondazione per sostegni di linee, sono (vedi fig. 1):

- la profondità (H) del piano di appoggio orizzontale;
- il braccio di rotazione (B_v) del piano di appoggio;
- la superficie (S) delle facce verticali delle fondazioni;
- il peso (P) verticale insistente sulla base di appoggio;
- il peso specifico, grado di resistenza del terreno (t) circostante la fondazione.

Le condizioni che a sua volta la fondazione deve presentare per assicurare l'incastro e la solidarietà del sostegno della linea con la fondazione stessa, sono:

— una adeguata altezza (h) del sostegno infisso nella fondazione (vedi fig. 1);

— rigidità e resistenza del vincolo superiore (V_s) e di base (V_b).

Il richiamo degli elementi sopradescritti (relativi alle fondazioni) ci permettono di identificare i principi fondamentali ai quali ci si è attenuti nella determinazione della forma e caratteristiche della fondazione prefabbricata che si vuol presentare. Tali principi e caratteristiche si possono così riassumere:

a) l'affondamento (H) è tenuto superiore (di circa 0,30 m) all'affondamento tradizionale dei blocchi di fondazione.

Tale maggior affondamento non solo non costituisce un maggior costo complessivo della fondazione prefabbricata, ma favorisce la maggior stabilità e convenienza economica

della fondazione stessa (infatti il costo medio per metro lineare del sostegno è in genere inferiore di molto al costo medio per metro di altezza della fondazione tradizionale).

Più si scende sotto al livello del terreno più aumenta la resistenza specifica del terreno a compressione e la reazione del terreno sulle facce verticali ed oblique della fondazione;

numero possibile di sostegni in legno, c.a.c., tubolari, in traliccio di ferro, ecc.;

b) costruzione ad elementi scomponibili, leggeri particolarmente indicata per l'impiego in zone montane, disagiate, ecc. (vedi fig. 3);

c) possibilità di ricupero.

Ne segue che a parità di stabilità e prestazione la fon-

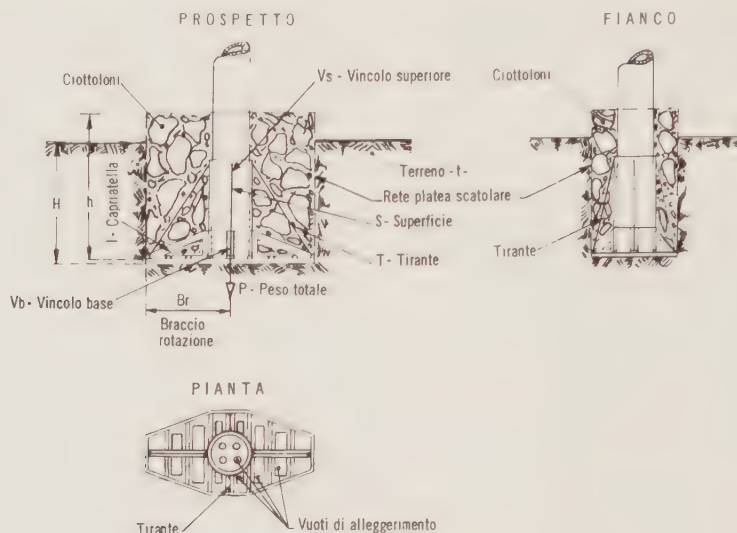


Fig. 1.

b) il braccio di rotazione (Br), nella fondazione prefabbricata, può allungarsi in modo considerevole grazie alla forma della platea di base (a stella, oppure rettangolare) e quindi alle capriatelle di irrigidimento (I) le quali reagiscono bene sia alle azioni di compressione (spinta verticale esercitata dal basso verso l'alto dalla terra sotto la base di appoggio), sia a quelle di trazione (peso proprio del terreno sovrastante la platea di base).

Alla resistenza degli sforzi di trazione contribuisce validamente pure l'eventuale tirante (T);

c) la superficie (S) delle facce verticali della fondazione, ove occorre, è generata dallo stesso materiale di zavorramento (frammenti di roccia, ciottoloni, ecc. di elevato peso specifico) imbrigliato opportunamente da una rete metallica zincata catramata del tipo impiegato per le platee scatolari (già largamente in uso da molti anni per muri di sostegno a secco, difese di argini, ecc.). Con tale imbrigliamento si assicura la solidarietà del materiale di zavorramento con l'ossatura interna costituita dalla fondazione prefabbricata (vedi fig. 1);

d) il peso (P) verticale insistente sulla platea di base è ottenuto da materiale ad elevato peso specifico: ciottoloni, trovanti, zavorra, frammenti di roccia, ecc., il cui vuoto interno viene riempito da terreno normale. Detti materiali sono molto diffusi in natura ed in genere sono reperibili senza alcuna spesa all'infuori del trasporto. In mancanza di detti materiali vengono aumentate le dimensioni della platea di base (e se è il caso aumentato l'affondamento) così da ottenere lo stesso risultato di stabilità pur utilizzando il medesimo materiale del luogo in cui si esegue la fondazione;

e) l'incastro e la solidarietà del sostegno con la fondazione è assicurato:

- per il vincolo superiore (Vs) dalla guaina in cemento armato che all'occasione viene irrigidita dai tiranti (T),
- per il vincolo di base (Vb) al piede del sostegno dalla piccola guaina della platea di base sostenuta dalle 2 o 4 capriatelle che irrigidiscono la platea orizzontale della fondazione prefabbricata.

Con la fondazione prefabbricata si intendono perseguire i seguenti scopi pratici:

a) costruzione in serie e relativo impiego al maggior

dazione prefabbricata può assicurare la massima convenienza economica.

Maggiori ragguagli sui vantaggi economici potranno risultare da opportuni confronti tra i costi della fondazione tradizionale e di quella prefabbricata (vedi ad es. tavola n. 1 dalla quale si può riscontrare un risparmio del 35 % all'atto del rizzamento dei sostegni ed un risparmio complessivo del 50 % all'atto della demolizione della linea, a favore della fondazione prefabbricata).

Dalla comparazione analoga sulle sopradette fondazioni, si riscontra che per pali in ferro a traliccio, si hanno percentuali di risparmio ancora più elevate. La stessa considerazione vale anche per le serie dei pali in c.a.c. tipo 10/300/12 - 10/450/14 - 10/600/14 e 10/900/18.

La determinazione delle percentuali soprariferite è stata fatta in base ai prezzi per costruzione di linee in pianura, per cui nel caso di linee costruite in montagna o in luoghi disagiati, dette percentuali aumentano notevolmente.

Descrizione - Applicazione - Vantaggi.

La fondazione prefabbricata è costruita in appositi stampi con impiego di acciai ad alta resistenza e calcestruzzo vibrato.

La tecnica attuale nel campo della costruzione di elementi prefabbricati in cemento armato è molto avanzata e consente di ottenere strutture leggere molto resistenti in poco tempo ed a basso prezzo.

La fondazione è indicata per:

a) pali a stelo unico in cemento armato centrifugato, ferro, ecc. (fondazione composta da piastra completa di guaina per l'incastro del palo ed eventuali tiranti di irrigidimento) (vedi fig. 1: 1^a illustrazione);

b) pali a più steli (pali a traliccio, coppie, ecc.) (fondazione composta da piastra e relativi tiranti di irrigidimento; nel caso di coppia va aggiunta la guaina per incastro sostegno) (vedi fig. 2).

Inoltre variando opportunamente la combinazione dei sopradetti elementi (piastra, guaina, tiranti) si possono ottenere diverse altre soluzioni.

Per località particolarmente disagiate (montagna, deserti, ecc.) la fondazione prefabbricata può essere costruita

con elementi scioglibili, onde facilitarne il trasporto, il montaggio, ecc. (vedi fig. 3).

I principali vantaggi, oltre a quelli economici già enunciati, conseguibili con l'impiego della fondazione prefabbricata, si possono così suddividere:

- celerità di calcolo;
- rapidità di approvvigionamento e messa in opera;
- possibilità di ricupero e reimpiego.

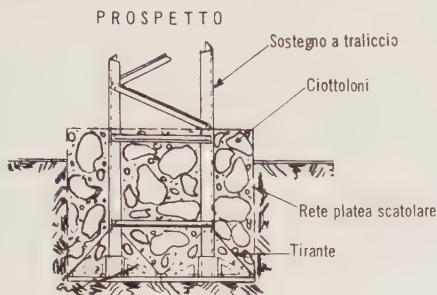


Fig. 2.

I suddetti vantaggi sono messi in evidenza dal seguente esempio:

1) il calcolo della fondazione prefabbricata viene svolto mediante i soliti metodi (diagrammi e tabelle su cui è possibile la ricerca della profondità, braccio di rotazione, più convenienti per ottenere la fondazione di massima convenienza) con orientamento verso tipi di serie ed unificati;

2) note le dimensioni della fondazione si passa all'ordinazione della stessa con il criterio adottato per i pali in cemento armato centrifugato, per le mensole, ecc.;

3) all'atto della costruzione della linea arriveranno a picchetto la fondazione prefabbricata, il palo c.a.c., le mensole, ecc.

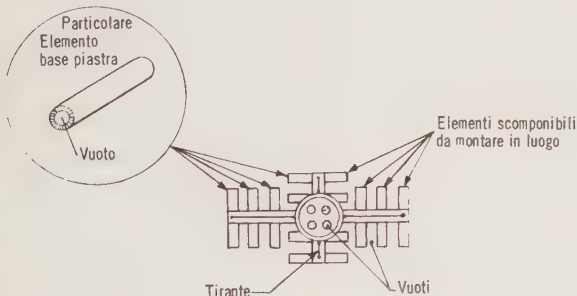


Fig. 3.

Il rizzamento di pali dotati di questa fondazione, può essere subito eseguito, così pure dicasi della tesatura dei conduttori, dato che non occorre più attendere la maturazione del blocco di fondazione;

4) durante l'esercizio della linea non occorre fare alcuna manutenzione alle fondazioni anche se esposte a forti geli e persistenti umidità;

5) nel caso poi di ricupero della palificazione non si ha la demolizione del blocco, come normalmente avviene; con il palo di cemento si ricupera facilmente la fondazione stessa che può così venire impiegata in una nuova linea.

Applicazioni in cui la fondazione prefabbricata è particolarmente adatta sono: costruzione di linee e varianti provvisorie, linee urgentissime specie in casi di danni o calamità, ecc.

Altri vantaggi sono: minor tempo di costruzione della linea e quindi anticipo sulla fornitura di energia, possibilità di costruzione della linea in qualunque condizione atmosferica, sicura qualità dei materiali, ecc.

Fondazioni del tipo descritto possono venire eseguite

dalla SILPAC - Soc. Italiana Lavorazione Pali Centrifugati e Affini - di Milano.

Conclusioni.

Nell'attuale clima di ricerca della massima rapidità nei processi produttivi e di riduzione dei costi di produzione, la fondazione prefabbricata presenta un sicuro interesse per il cospicuo risparmio economico che essa consente di realizzare e per la rispondenza a tutte quelle esigenze di resistenza, di praticità, ecc. che normalmente si richiedono ad una buona fondazione.

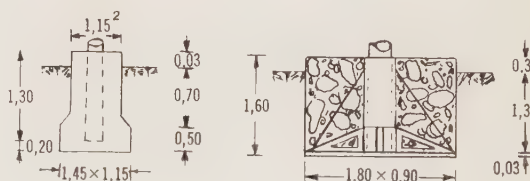
TAV. N. 1. — CONFRONTO ECONOMICO

FONDAZIONE TRADIZIONALE.

Pesi verticali:

blocco fondazione	kg	4700
peso terra	»	350
peso palo e varie	»	1200

Totale kg 6250



Momento di stabilità:

tenuto conto della reazione laterale del terreno kgm 5510

Costo della fondazione (materiale e mano d'opera):

fondazione volume netto:	m ³	2,041 a L. 8500
Totale	L.	17 300

FONDAZIONE PREFABBRICATA.

Pesi verticali:

zavorra	kg	3540
peso palo e varie	»	1200
peso fondazione prefabbricata	»	186

Totale kg 4926

Momento di stabilità:

tenuto conto della reazione laterale del terreno kgm 5420

Costo della fondazione (materiale e mano d'opera):

fondazione prefabbricata	L.	6 150
tiranti, rete, maggior lunghezza del palo	»	2 325
trasporto e messa in opera	»	745
scavo e zavorra	»	2 080

Totale L. 11 300

Percentuale di risparmio = 35%.

NEL CASO DI DEMOLIZIONE DELLA LINEA:

Totale precedente fondazione tradizionale	L.	17 300
per avvenuta manutenzione	»	500
per demolizione di parte della fondazione	»	4 360

Totale compless. L. 22 160

Totale precedente fondazione prefabbricata L. 11 300

Ricuperata la fondazione e dedotte le spese di mano d'opera per il ricupero e trasporto della stessa, si ha un attivo di . . L. 2 430

che viene a ridurre la spesa totale precedente; così si avrà un

Totale compless. . . L. 8 870
Percentuale di risparmio = 50%.

A. Felcher

LIBRI E PUBBLICAZIONI

A. B. GILLESPIE: *Signal, Rauschen und Auflösung in Zählverstärkern für die Kerntechnik*. (VEB Verlag Technik, Berlin, 1958. Un volume di 15×21 cm, 150 pagine, 61 figure, S.i.p.).

È la traduzione in tedesco, senza varianti, di un'opera inglese, qui segnalata al suo apparire (L'El. vol. XL, n. 10, ottobre 1953, pag. 569). Perciò conserva i pregi dell'originale, aggiungendovi soltanto il difetto di comparire dopo alcuni anni, durante i quali la tecnica degli impulsi si è arricchita di altri tubi, oltre i tre usati in origine dall'autore, e di nuove conoscenze anche nel campo dei rumori.

Anche la bibliografia è rimasta quella originale.

✱

British Radio and Electronic Components. (Radio and Electronics Components Manufacturer Federation, 1959. Un volume di 21,5×13,5 cm, 322 pagine, S.i.p.).

Il catalogo della mostra dei componenti radio ed elettronici, che si tiene annualmente a Londra per iniziativa della Federazione dei fabbricanti, offre il completo panorama della produzione inglese ed è quindi utilissima fonte di informazione.

Non è il caso di diffondersi in particolari; basta dire che l'elenco alfabetico dei componenti, con l'indicazione dei fabbricanti, occupa trentasette pagine. Altre novanta pagine sono occupate dall'indice alfabetico dei fabbricanti, a ognuno dei quali è dedicata mezza pagina; sono quindi 180 ditte elencate. Altre centosettanta pagine sono infine dedicate agli annunci pubblicitari illustrati.

✱

G. DILDA: *Alcuni aggiornamenti al secondo volume di Radiotecnica*. (Levrotto e Bella, Torino, 1956. Un volume di 17,5 per 24,5 cm, 107 pagine con 78 figure. Prezzo L. 900).

Un volumetto di cento pagine sostituisce una rielaborazione dell'intero volume di Radiotecnica, già ben noto e apprezzato. È un'idea che, nel caso di trattati didattici, va lodata incondizionatamente, incoraggiata e possibilmente imitata. Infatti con tale iniziativa si ottiene il risultato di rendere disponibili le varianti, gli aggiornamenti, i ritocchi, non appena pronti, mantenendoli freschi e vivi. Si vede qui un altro bel frutto dell'esperienza e della provata passione didattica dell'Autore.

Naturalmente i pregi di chiarezza, di ordine e di abilità nella scelta degli argomenti e nel saper mettere bene in evidenza ciò che è essenziale e ciò che è accessorio, vengono ancora una volta confermati. E, detto questo, non resta che segnalare gli argomenti contenuti nel volume.

Esso è dedicato all'amplificazione uniforme ed è diviso in quattro capitoli, nei quali sono trattati gli amplificatori con accoppiamento diretto, per capacità, per trasformatore e con controrazione. Sono da segnalare lo sviluppo dato agli amplificatori a larga banda, lo studio dell'amplificazione di impulsi, l'esame dei metodi di compensazione.

Ottima l'edizione con figure molto chiare e grafici numerosi e di facile lettura.

✱

T. H. J. KROES: *Tube and Semiconductor selection guide*. (Philips Technical Library, 1958-59. Un volume di 15,5×23,5 cm, 160 pagine, 19 figure. Prezzo L. 800).

Una nuova edizione di questo volume a distanza di circa tre anni dalla precedente va accolta con favore e nello stesso

tempo con rammarico che le revisioni non siano più frequenti, in rapporto al ritmo incalzante con cui evolve la tecnica, specie in alcuni settori.

Il volume è destinato a consentire all'utente di tubi e semiconduttori di individuare rapidamente il tipo più adatto per ogni applicazione. La struttura è identica a quella della precedente edizione, una serie di tabelle, a cui sono aggiunti i semiconduttori.

Contiene una introduzione in nove lingue e la traduzione dei testi in quattro lingue, un indice generale dei tubi e semiconduttori e sette tabelle destinate rispettivamente ai tubi per ricevitori e amplificatori, ai tubi a raggi catodici, ai tubi trasmettenti, ai tubi per microonde, ai tubi industriali, miscellanea e infine ai semiconduttori.

In ogni sezione si trovano distinti i tipi secondo le specifiche applicazioni, quelli da preferire, quelli solo per ricambi e la spiegazione delle sigle.

Si trova quindi qui una guida sicura per orientarsi nel gran mare degli innumerevoli tipi, limitatamente alla produzione Philips.

✱

P. BAUDOUX: *Electricité - Lois fondamentales - Milieux - Systèmes - Circuits*. (Edit. Dunod, Paris, 1959. 242 pagine, 140 figure. Prezzo rilegato, 40 NF).

In Italia un volume come quello che qui si recensisce avrebbe probabilmente per titolo: *Principi teorici dell'elettrotecnica*. E qui si dovrebbe particolarmente mettere l'accento sulla parola *teorici*, dato che si tratta di un'opera destinata forse più ai fisici che agli ingegneri. È comunque fuori discussione il fatto che anche per gli ingegneri una messa a punto dei principi fondamentali è sempre di sicuro interesse.

Una prima felice caratteristica del volume è la concisione del testo; questa concisione ha permesso all'A., senza alcuno scapito per la chiarezza e la facilità di lettura, di raccogliere in sole 242 pagine una materia assai vasta.

Ma un'altra particolarità è ancora più meritevole di considerazione. In questo corso non si fa distinzione fra micro e macroelettricità: fin dal principio gli atomi, la costituzione della materia, sono introdotti con i più elementari, ma tanto istruttivi, richiami della relatività. L'elettrotecnica è una sola, sembra voler dire l'A., ed è quindi illogico, in un libro di principi teorici, dividerla arbitrariamente in due parti. Ciò premesso il lettore non si meraviglierà di trovare, in questo volume, oltre ai già ricordati richiami relativistici anche, fra le Applicazioni del capitolo sul movimento delle particelle, l'oscillografo catodico ed il ciclotrone.

Infine è da mettere in particolare evidenza, per la sua originalità, il capitolo, certamente non facile, ma di grande importanza, riservato ai *sistemi evolutivi*, i sistemi cioè in cui ha luogo una trasformazione dell'energia. Il « bilancio » energetico, per rendere appunto conto delle varie trasformazioni di questa energia del sistema, è qui illustrato con particolare chiarezza. E siccome tutte le macchine elettriche rientrano in questa categoria, l'importanza di questi « bilanci » energetici, opportunamente rappresentati da chiari diagrammi, è senz'altro evidente.

Ecco il contenuto dell'opera:

Parte prima - *Leggi fondamentali*: la carica elettrica, la forza, l'elettromagnetismo, le particelle in movimento.

Parte seconda - *Il mezzo*: il campo elettrostatico, il campo magnetico stazionario, evoluzioni energetiche, ferromagnetismo, unità e grandezze.

Parte terza - *I sistemi*: sistemi di conduttori, di correnti filiformi in mezzo isotropo.

Parte quarta - *I circuiti*: equazioni generali, fenomeni periodici.

Ad ogni capitolo fa seguito una utile raccolta di problemi. Eccellente la presentazione.

✱

F. FRÜNGEL: *Impulstechnik - Erzeugung und Anwendung von Kondensatorentladungen*. (Ed. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1960. 575 pagine, 259 figure, 27 tabelle. Prezzo rilegato, 54 DM).

Nella collezione «Technisch-Physikalische Monographien» appare adesso questo bel volume tutto dedicato agli impulsi, al modo di produrli e alle loro numerose applicazioni pratiche.

Bisogna davvero essere grati all'A. per aver compiuto la non piccola fatica di raccogliere, con ordine e chiarezza, i vari aspetti di una tecnica oggi tanto sviluppata.

Dal condensatore, che è l'elemento base delle apparecchiature qui considerate, ai mezzi per caricare le batterie di condensatori, agli schemi più appropriati per ogni applicazione, ai conduttori ed alle apparecchiature da adottare per la realizzazione di questi schemi, fino alla trasformazione dell'energia accumulata in calore, in impulsi elettrici, in energia magnetica, in impulsi acustici, ecc., tutto è qui esposto nel modo migliore.

Molto buona la presentazione.

✱

FANO - CHU - ADLER: *Electromagnetic fields, energy and forces*. (Editore John Wiley Sons. New York-Londra, 1960. 520 pagine, rilegato).

Questo volume appartiene alla tanto apprezzata collezione edita a cura dei professori del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.).

I tre autori insegnano al detto Istituto ed hanno raccolto nel volume che qui presentiamo, le loro lezioni in base agli schemi didattici, ai programmi di studio recentemente adottati. Questo nuovo orientamento si basa sul presupposto di dare agli allievi, nei quattro anni di scuola, una solida conoscenza dei fondamentali capitoli dell'Elettrotecnica teorica, conoscenza che costituirà per lo studente il punto di partenza per il raggiungimento della specializzazione in quel settore che più particolarmente lo interessa.

La teoria è sviluppata in quattro «tempi» successivi. Il primo riguarda le equazioni differenziali di Maxwell (campi prodotti da cariche libere o da correnti). Il secondo tratta del mezzo polarizzato, rappresentato macroscopicamente con appropriate distribuzioni di cariche o di correnti. Il terzo introduce l'energia elettromagnetica. Infine nel quarto tutti questi concetti vengono estesi al caso del mezzo in movimento, in termini necessariamente relativistici.

Merita di essere messo in particolare rilievo il felice «abbinamento» della teoria dei circuiti con quella dei campi.

Il volume è certamente elaborato con la massima cura. Ci resta un solo dubbio: quello della effettiva capacità dei giovani studenti del M.I.T. di «assorbire» utilmente queste più che cinquecento pagine di lettura non proprio facile. Probabilmente gli Autori, pur affidando allo studente un libro assai completo, sapranno sorvolare su quelle parti di interesse meno immediato.

Libro molto consigliabile per la modernità della concezione e per la chiarezza dell'esposizione a coloro che intendano avere «a portata di mano» un pregevole testo sui fondamentali capitoli dell'elettrotecnica teorica.

Eccellente la presentazione.

✱

WALTER HENNING: *Die Fernbedienungstechnik im Dienste der Elektrizitätsversorgung*. (Editore R. Oldenbourg, Monaco, 2ª edizione, 1959. 206 pagine, 128 figure. Prezzo, rilegato, 25 DM).

Per chi si interessi dei vari ed interessanti problemi concernenti la tecnica delle trasmissioni e dei comandi a distanza, questo piccolo volume può essere di grande soccorso. In forma ordinata, con nitidi schemi, l'A. ricorda i vari sistemi via via adottati dai costruttori specializzati per risolvere, con sempre maggiore sicurezza ed economicità, questi problemi.

L'importanza dei dispositivi di segnalazione e di comando a distanza, particolarmente al servizio degli impianti elettrici, va aumentando di giorno in giorno. Col crescere infatti delle potenze in gioco, con l'estendersi dell'interconnessione, è sempre più necessaria la giudiziosa centralizzazione degli interventi atti ad assicurare la migliore organizzazione del

servizio, in ogni momento ed in ogni circostanza. E ciò è possibile solo se questi «ripartitori del carico» dispongono, come mezzi di informazione e di azione, proprio di quei dispositivi di trasmissione e di comando a distanza che sono oggetto del volume che qui si recensisce.

Molto buona la presentazione.

✱

RAGNAR HOLM: *Il manuale dei contatti elettrici*. III Edizione de «La fisica tecnica dei contatti elettrici». (Springer, 1958. Vol. di 24 x 17 x 3,5, pag. XVIII-522 con 194 figure e 60 tabelle, ricca bibliografia e indice analitico).

Nonostante il titolo modesto si tratta di un'opera molto completa, dove i contatti nelle loro specie e nelle loro applicazioni più svariate sono studiati dal punto di vista teorico e pratico in modo esauriente e completo in base alle attuali conoscenze dei complessi fenomeni che vi si svolgono.

Una elencazione minuta degli argomenti trattati riuscirebbe assai lunga, ci limitiamo perciò ad accennare alle cose fondamentali.

L'intera opera è divisa in tre parti fondamentali. La prima è dedicata allo studio dei contatti stazionari; in essa sono esaminati a fondo i problemi della resistenza di contatto e dei numerosi fattori che la influenzano. La seconda parte si occupa dei contatti striscianti, studiando i problemi dell'attrito, del logorio da strisciamento, della lubrificazione, e il comportamento dei contatti fra spazzole ed anelli e collettori (problemi di commutazione), e dei trolley sulle linee di contatto. La terza parte è destinata ai fenomeni elettrici nei contatti di interruzione, studio degli archi e fenomeni connessi (trasporto di materiali fra gli elettrodi), scelta dei materiali per i contatti. Segue una quarta parte, assai breve, dedicata alla storia dei primi studi sui contatti, e infine l'opera si chiude con una importante serie di appendici, in cui sono esposti i fondamenti di varie questioni di carattere generale che interessano da vicino i contatti, e forniti molti dati numerici.

Fra gli argomenti trattati nelle appendici, che bene caratterizzano la natura dell'opera e danno un'idea dell'ampiezza del volume, ricordiamo: teoria della deformazione plastica e dei fenomeni di diffusione nei solidi; conduzione elettronica nei solidi; effetto «Tunnel» e emissione termoionica; struttura e conduttività termica ed elettrica del carbone; idrodinamica della lubrificazione; teoria generale dell'arco ai contatti.

L'esposizione è assai chiara, senza eccessivi sviluppi analitici. Il volume è corredato di una ricca serie di tabelle e curve che forniscono abbondanti dati pratici e risultati sperimentali. Ottima la presentazione tipografica. Chiare ed efficaci le figure.

✱

E. MARANTONIO: *Elettronica industriale*. (Ed. Hoepli, Milano, 1959. Un volume di 17 x 25 cm, di 496 pagine con 547 figure e 16 tavole. Prezzo L. 4 500).

Le applicazioni elettroniche hanno ormai invaso tutti i campi della tecnica e si vanno rapidamente moltiplicando o diffondendo. Esse interessano quindi direttamente e grandemente tutti i tecnici addetti all'industria, molti dei quali tuttavia non hanno potuto seguire il vertiginoso sviluppo di quel complesso di dottrine che va, ormai, sotto il nome di elettronica.

Ben vengano dunque i libri intesi a facilitare ai tecnici non specializzati l'aggiornamento in questo campo. A tale fine è indirizzato il volume che presentiamo, scritto in forma semplice e intuitiva, di facile lettura e comprensione anche per chi abbia una modesta preparazione generale agli studi di elettronica, e che non richiede particolari abilità matematiche.

La materia è divisa in 8 Parti, delle quali le prime sono di carattere introduttivo riguardando i tubi a vuoto, gli amplificatori a tubi e i circuiti generatori di oscillazioni; fa seguito una Parte applicativa delle nozioni precedentemente esposte e che riguarda i relè elettronici, il riscaldamento a radiofrequenza e a perdite dielettriche, la generazione di segnali. La Parte V tratta dei tubi a gas e la Parte VI delle applicazioni di assi ai circuiti raddrizzatori, al comando dei motori a corrente continua e delle saldatrici. La Parte VII riguarda i dispositivi fotoelettrici e la Parte VIII i sistemi di regolazione e i servomeccanismi.

Il tutto è corredato da molte efficaci figure e da esempi di calcolazioni e da una bibliografia di opere specializzate.



ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

POSTA SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
ERETTA IN ENTE MORALE IL 3 FEBBRAIO 1910

SOTTOSEZIONE DI FERRARA

*

Sabato 9 aprile 1960 ha avuto luogo presso questa Sottosezione dell'Associazione Elettrotecnica Italiana la conferenza del prof. ing. **Marino Valtorta**, Incaricato di Impianti Industriali Elettrici all'Università di Trieste e Dirigente della Società Adriatica di Elettricità Servizio Primario, sul tema: « **Trasmissione e distribuzione dell'energia reattiva** ».

L'oratore ha messo in rilievo come l'utilizzazione dell'energia attiva deve accompagnarsi a quella dell'energia reattiva per le caratteristiche proprie dello sfruttamento dell'energia.

L'energia reattiva quindi deve essere prodotta e trasportata; vi sono da impostare e da risolvere problemi di notevole dimensione analoghi a quelli della produzione e del trasporto di energia attiva, problemi che assumono sempre maggiore importanza con l'aumento dell'utilizzazione dell'energia.

L'oratore ha poi risposto ai chiarimenti che i tecnici presenti hanno posto sul tema.

SEZIONE DI NAPOLI

Sabato 30 aprile 1960, per gentile concessione del Compartimento di Napoli delle FF.SS., i soci della Sezione hanno potuto effettuare una **visita ai lavori della nuova Stazione Ferroviaria di Napoli**. I numerosi intervenuti, hanno seguito, nella visita il percorso ideale che il viaggiatore seguirà nella nuova stazione ed hanno potuto visitare alcune opere già finite (nel loro aspetto definitivo) e tutte le altre nelle diverse fasi di avanzamento, cosa questa molto interessante perchè ha permesso ai visitatori, di vedere le strutture, le diverse soluzioni, e la complessività e difficoltà nelle quali i cantieri hanno dovuto operare.

Un rinfresco gentilmente offerto dagli ospiti ha concluso l'interessantissima visita durata oltre due ore.

COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO

Nota illustrativa al progetto di Norme per gli oli lubrificanti delle turbine idrauliche di centrali idroelettriche

La Presidenza del Sottocomitato 10 del CEI ha ritenuto necessario nel 1950 porre allo studio una serie di Norme per gli oli lubrificanti delle turbine a vapore, per i telecomandi oleodinamici e per le turbine idrauliche.

Scopo di queste Norme dovrebbe essere non solo quello di fornire una guida nell'acquisto e nel collaudo degli oli menzionati, ma di indicare quali sono le caratteristiche degli oli che si consiglia di adottare in via di preferenza.

Le presenti Norme riguardano esclusivamente gli oli lubrificanti per le turbine idrauliche.

Il Gruppo di studio ristretto del Sottocomitato 10, incaricato di avviare lo studio di queste nuove Norme, si è trovato di fronte a difficoltà notevoli derivanti:

— dalla mancanza in altri Paesi di Norme di questo genere, che potessero servire di guida nel lavoro;

— dalla notevole varietà di metodi di prova che esperti di tutte le nazioni hanno escogitato per determinare e dare un valore comparativo alle caratteristiche funzionali degli oli.

Ulteriori difficoltà sono derivate dall'apparizione degli oli con additivi per i quali l'esperienza di esercizio è ancora limitata.

Nell'elaborazione di queste Norme, la Commissione si è attenuta al concetto di adottare, nei limiti del possibile, i metodi di controllo codificati dalla Stazione Sperimentale per le Industrie degli Oli e dei Grassi (NOM) e ciò nell'intento particolare di semplificare l'attrezzatura dei laboratori di prova.

Su alcuni punti si desidera richiamare l'attenzione dei tecnici. Per la determinazione del punto di infiammabilità, si è preferito la adozione del metodo Cleveland, che si può considerare ormai di uso generale per gli oli lubrificanti.

Per le prove di invecchiamento si sono mantenuti gli stessi criteri già adottati per gli oli per turbine a vapore, di conservare cioè il metodo Staeger-CEI come prova obbligatoria, mentre per i soli oli con additivi è ammesso anche il metodo NOM. È allo studio l'introduzione di una prova di alterabilità con modalità e apparecchiatura simile a quella proposta dall'IEC per gli oli isolanti.

Queste Norme rappresentano un tentativo per la unificazione dei metodi di prova, che si è ritenuto opportuno non differire anche per poter avere per l'avvenire dei dati per una rielaborazione delle Norme: in particolare restano ancora da definire per la maggior parte i metodi di prova per gli oli additivati, per i quali la Commissione compilatrice ha rico-

nosciuto che non è ancora possibile fissare delle Norme definitive.

Nelle raccomandazioni per l'esercizio che seguono come appendice le Norme, sono state riportate quelle istruzioni che la pratica ha riconosciuto utili per un corretto funzionamento di un sistema di lubrificazione: fra i controlli consigliati figura anche la determinazione della tensione interfacciale che almeno per gli oli puri è riconosciuta attendibile come indice di alterazione.

Nel sottoporre queste Norme a inchiesta pubblica si esprime il voto che la applicazione di queste Norme possa fornire, specialmente per gli oli additivati, utili indicazioni per un ulteriore loro perfezionamento.

Hanno collaborato particolarmente alla redazione di questo fascicolo di Norme l'ing. Sessa, per il testo delle Norme e l'ing. Bonomo per la redazione delle istruzioni sull'esercizio.

Hanno inoltre dato attiva collaborazione i membri del Sottocomitato ing. Caldana, ing. Chiabotto, dr. Cipollina, ing. Fiorio, dr. Gavioli, ing. Ge, ing. Pastorino, p. i. Piazano, dr. Rossetti, ing. Somazzi, ing. Sturla, ing. Ucelli.

Il Presidente
del Sottocomitato 10
T. LEARDINI

*

Nota illustrativa al progetto di Norme per gli impianti elettrici nei locali di pubblico spettacolo all'aperto

Il progetto costituisce il completamento del fascicolo CEI 11-2 n. 123 « Norme per gli impianti elettrici nei locali di pubblico spettacolo » — 3^a edizione — in vigore dall'11 dicembre 1957, dal quale erano stati esplicitamente esclusi gli impianti elettrici per spettacoli all'aperto (art. 1.1.01).

La grande varietà delle caratteristiche di ambiente e di esercizio che presentano questi impianti giustifica una codificazione a parte delle Norme per la corretta esecuzione.

Nella compilazione di queste Norme si è cercato di temperare le esigenze del buon comportamento dell'impianto e della sicurezza del pubblico con le condizioni di installazione e di esercizio dell'impianto stesso.

Allo scopo, gli impianti all'aperto sono stati presi in considerazione secondo tre tipi caratteristici:

— impianti a carattere fisso, permanente, quali gli ippodromi, autodromi, velodromi e simili;

— impianti a carattere mobile, smontabili e trasportabili, quali i padiglioni ambulanti dei parchi di divertimenti ed i teatri o cinematografi estivi all'aperto;

— impianti a carattere temporaneo, quali le luminarie in occasione di feste o di trattenimenti occasionali all'aperto.

La casistica svariatissima che presentano questi impianti rende difficile inquadrarne le condizioni di posa e di esercizio in una serie di norme dettagliate ed esaurienti.

La Presidenza confida che il progetto che viene sottoposto alla inchiesta pubblica possa offrire una utile guida ai tecnici che dovranno occuparsi di questi impianti e sarà grata a tutti coloro che, con osservazioni e proposte, vorranno collaborare alla migliore compilazione del testo definitivo.

Il Presidente
della Commissione
G. RIGATTI

Il Presidente
del Sottocomitato II
N. FALETTI

*

Relazione sulla Riunione del Comitato 14 (Trasformatori) della IEC

(Londra, 8-9-10 giugno 1960)

Nei giorni 8, 9 e 10 giugno 1960 ha avuto luogo a Londra una riunione del Comitato 14 della IEC, sotto la Presidenza del prof. Kapp dell'Università di Londra, presenti le Delegazioni di 19 Paesi. Scopo della riunione l'esame ed il completamento delle decisioni raggiunte in precedenza a Stoccolma ed a Parigi in vista di una nuova edizione della Pubblicazione n. 76 « Raccomandazioni della IEC per i trasformatori di potenza ».

Data la complessità del lavoro ed i numerosi risultati già acquisiti si è stabilito di preparare una nuova bozza per le Raccomandazioni in esame (sul cui merito i singoli Paesi dovranno pronunciarsi), che verrà discussa a Interlaken nel prossimo anno.

Furono riconfermati i Gruppi di studio esistenti che provvederanno a completare il proprio lavoro ed infine ne furono creati due nuovi, uno con il compito di studiare la designazione convenzionale dei sistemi di raffreddamento e l'altro per definire le prescrizioni che è necessario di introdurre nei riguardi dei reattori.

Si è convenuto inoltre che le decisioni già raggiunte debbano rimanere ferme ed acquisite, onde evitare che sul testo delle bozze per le nuove prescrizioni si riapra una discussione generale.

Il fatto nuovo più importante sta nella approvazione, a larghissima maggioranza, di una proposta francese di sollevare di 5 °C i limiti di temperatura per le macchine in olio. Ciò ha destato qualche sorpresa ma ha consentito (sia pure con riserve da parte inglese, e ferma restando l'opinione contraria degli Stati del Nord America) un passo molto importante verso la unificazione dei limiti di temperatura che da quattro anni si sono ridotti a due soli (55° limitato al Nord America e 65° nei rimanenti Paesi).

Resta in sospeso la questione del riscaldamento sulle prese nell'ambito del $\pm 5\%$, per cui si è convenuto di lasciare libertà di decisioni ai singoli Comitati nazionali, pur risultando la maggioranza orientata ad ammettere temperature più alte sulla presa — 5%, a parità di potenza.

Un tentativo di unificare le tensioni per le prove ad impulso con onda tronca (che restano in forma di prova facoltativa da concordarsi tra costruttore e committente) non ebbe esito, e fu confermato soltanto che la tensione non deve essere inferiore a quanto stabilito per l'onda piena.

Salvo la decisione sulla sovratemperatura, nel complesso si è trattato ancora di una riunione interlocutoria, essendo risultata evidente la necessità di riassumere e di coordinare in una bozza provvisoria le conclusioni raggiunte, onde poter riprendere con maggiore precisione l'esame dei singoli articoli. Le nuove Norme IEC risulteranno comunque assai diverse dalle precedenti e notevolmente ampliate nella loro sostanza.

E. Balp

*

Riunione primaverile del 1960 della "Commission Internationale de réglementation en vue de l'approbation de l'Équipement Electrique". (CEE)

(Budapest, 2-12 maggio 1960)

Dal 2 al 12 maggio si è svolta a Budapest la sessione primaverile della CEE per il 1960, con la partecipazione di molti tecnici dei 15 Paesi aderenti.

Per il Comitato Nazionale Italiano hanno partecipato alle riunioni: il Presidente ing. Bauchiero, il Vice Presidente comm. Ferrario, gli ingegneri Balossi, Barassi, Borzone, Brambilla e Forzani.

La riunione è stata organizzata dal Comitato Nazionale Ungherese della CEE ed in tale occasione si sono tenute le sedute dell'Assemblea Plenaria, del Comitato per le Regole Generali, e dei seguenti Comitati Tecnici: « Tubi protettivi », « Connettori » e « Prese di corrente ed interruttori ».

Durante tale periodo si sono svolte interessanti visite alla città, ai dintorni ed a qualche complesso industriale: la fabbrica di contatori Ganz, la fabbrica di macchine rotanti Dinamo e l'Istituto Ungherese per il Controllo Elettrico.

Comitato Tecnico 26: « Tubi protettivi ».

Nei giorni 2-3 maggio, sotto la presidenza di Mr Lauster (Germania) si è riunito il Comitato Tecnico « Tubi protettivi e loro accessori ».

L'argomento all'ordine del giorno era il 3° progetto di Specificazioni per tubi di acciaio e accessori per le installazioni elettriche, CEE (26) D 102/60, elaborato dalla segreteria in seguito agli emendamenti proposti nelle precedenti riunioni di Baden-Baden e Lione.

Per la parte dimensionale, il progetto prevedeva tre serie di tubi, rispettivamente pesanti, medi e leggeri di cui quelli leggeri soltanto con estremità lisce, quelli medi destinati ad essere eventualmente filettati con filettatura (PG) (angolo di filetto a 80° in uso nell'Europa Continentale) quelli pesanti destinati ad essere filettati con la filettatura (INCH) in uso nei Paesi anglosassoni.

Per i diametri esterni il progetto prevedeva una serie unica valevole per tutti i tipi di tubi e precisamente:

mm 16 - 19 - (21,3) - 25,4 - (28,3) - 31,8 - 38 - (47) - (51).

I diametri indicati tra parentesi figurano come non raccomandati.

Si ricorda che i diametri unificati in Italia (tabella UNEL 31113) sono i seguenti:

mm 16 - 19 - 22 - 26 - (28) - 32 - 38 - 50.

Dapprima si è discussa una proposta della Germania, di sostituire le due filettature previste dal progetto (INCH e PG) con un'unica filettatura, adottando quella proposta dalla ISO (filettatura METRICA). Tutte le delegazioni presenti si sono dichiarate di massima favorevoli, ad eccezione della Gran Bretagna i cui rappresentanti hanno dichiarato che la filettatura proposta, pur essendo stata accettata dal loro Paese in sede ISO, non viene peraltro applicata ai tubi per applicazioni elettriche, in quanto ritenuta meno efficiente di quella in uso sotto il punto di vista della continuità metallica della giunzione (questi tubi vengono usati in Gran Bretagna come conduttori di ritorno a terra).

Dopo ampia discussione in cui ogni delegazione ha espresso la sua opinione, è risultato che la differenza tra la filettatura INCH e la filettatura ISO è così piccola che anche la continuità del contatto elettrico dovrebbe essere assicurata. Il Presidente ha pertanto invitato la delegazione della Gran Bretagna a riesaminare la questione, augurandosi che nella prossima riunione anche la Gran Bretagna possa dare la sua adesione definitiva.

Successivamente viene discussa la serie degli spessori dei tubi ed è accettata in linea di massima una proposta francese di conglobare la serie pesante e la serie media in una serie unica avente spessore intermedio fra le due.

Viene inoltre accettata la proposta italiana di arrotondare il primo decimale secondo la serie degli spessori ISO. I tipi di tubi che figureranno nel progetto definitivo saranno pertanto i seguenti:

diametro esterno:

mm 16 19 (21,3) 25,4 (28,3) 31,8 38 (47) (51)

spessori serie pesante (proposta francese):

mm 1,4 1,4 1,4 1,6 1,6 1,6 1,8 1,8 2

spessori serie leggera non filettabile (proposta ital.):

mm 1,0 1,0 1,0 1,2 1,2 1,4 1,4 1,6

Si stabilisce inoltre di indicare nelle Specificazioni che le lunghezze di fabbricazione preferite sono 3 oppure 4 m con un minimo di 3 m.

Si passa successivamente a discutere le tolleranze sul diametro esterno. La delegazione inglese insiste affinché quelle indicate nel progetto vengano ridotte e portate tutte in meno rispetto al diametro, altrimenti sarebbero incompatibili con l'esecuzione di una regolare filettatura.

Altre delegazioni particolarmente quella francese e quella italiana fanno rilevare le difficoltà di ordine tecnologico se si riducono eccessivamente le tolleranze; alla fine si perviene ad un compromesso sui seguenti valori:

diametro:

mm 16 19 (21,3) 25,4 (28,3) 31,8 38 (47) (51)

tolleranza:

mm —0,3 —0,3 —0,4 —0,4 —0,4 —0,4 —0,4 —0,4 —0,5

Per quanto concerne gli accessori la delegazione svedese rileva che i tubi di acciaio vengono di regola, nel loro Paese, annegati nel calcestruzzo delle solette e pertanto ritengono necessario che la lunghezza di sovrapposizione dei manicotti lisci venga aumentata e il gioco fra tubo e manicotti diminuito, per evitare le infiltrazioni del materiale liquido durante il getto. Poichè questa pratica viene seguita solo nei Paesi nordici, si decide di unificare due serie di manicotti, una normale e una prolungata con le seguenti dimensioni:

diametro del tubo:

mm 16 19 (21,3) 25,4 (28,3) 31,8 38 (47) (51)

lunghezza manicotti serie normale:

mm 48 54 54 60 60 66 72 90 100

lunghezza manicotti serie prolung.:

mm 80 80 80 80 80 100 100 100 100

Su proposta della delegazione inglese, per i manicotti filettati si dà mandato alla segreteria di proporre anche una serie in ghisa malleabile con spessori maggiorati.

Per i manicotti lisci gli spessori dovranno invece essere uguali a quelli dei tubi corrispondenti.

Si decide inoltre di lasciare in sospeso l'unificazione dei gomiti e dei Te che nella maggioranza dei Paesi non vengono usati.

Per le curve, il Segretariato dovrà elaborare un nuovo progetto tenendo conto di quanto convenuto per i manicotti e delle altre osservazioni fatte per iscritto dai vari Paesi.

Si decide tuttavia di soprassedere alla unificazione delle curve con filettatura interna e stralciare dal progetto l'unificazione delle scatole di derivazione.

Ultimato l'esame delle tabelle di unificazione dimensionale sono state discusse le Norme per le prove di accettazione, ed in particolare si è discusso a lungo sulle modalità della prova di piegatura concludendo che essa deve servire solo a verificare le qualità meccaniche del tubo e non la qualità del materiale di protezione (vernice o zinco); si è deciso di effettuare la prova di piegatura con raggio pari a 6 volte il diametro del tubo per tubi fino a 25,4 mm e con raggio pari a 7 volte il diametro per tubi oltre 25,4 mm, ammettendo un appiattimento del 20 % e un gioco nello stampo di 2/10 mm. Per i tubi saldati si è deciso che debbano effettuarsi una prova con saldatura disposta all'esterno ed una prova con saldatura disposta lateralmente.

La verifica dell'appiattimento si deve effettuare facendo passare nel tubo una sfera con diametro ridotto del 20 % rispetto al diametro interno del tubo.

Circa la prova di resistenza alla corrosione si è deciso di considerare tre gradi di protezione:

— protezione leggera, efficace ai soli effetti del trasporto e dell'immagazzinaggio,

— protezione media (tubi smaltati a fuoco),

— protezione elevata (tubi zincati),

specificando che il primo grado di protezione è ammesso solo in alcuni Paesi e dando l'incarico alla Segreteria di prescrivere per ciascun tipo di protezione le prove segnalate dai vari laboratori nazionali.

Ultimato l'esame delle Specificazioni relative ai tubi di acciaio, il Presidente ha aperto una discussione preliminare sul progetto di tubi in materia plastica invitando le singole delegazioni ad illustrare le modalità di impiego e di prova adottate per questi tubi nei rispettivi Paesi.

Si è avuta l'impressione che le esperienze sono ancora piuttosto limitate e spesso discordanti.

Soprattutto in merito ai sistemi di piegatura, è risultato che mentre in alcuni Paesi questi tubi vengono piegati solo a caldo, in altri (ad es. Svezia) si riesce a piegarli anche a 15°C sotto zero previa introduzione nel tubo di una molla elicoidale di filo d'acciaio. In altri Paesi come ad es. l'Olanda, per l'impiego nel calcestruzzo questi tubi vanno soppiantando i tubi di acciaio e non vengono mai piegati.

Si è comunque delineata una tendenza a prendere in considerazione solo i tubi in cloruro di polivinile escludendo ogni altro materiale ed a considerare una serie leggera ed una serie pesante. La seconda dovrebbe consentire di eseguire alla

estremità del tubo la filettatura ISO. Il delegato francese ha espresso l'opinione che si debbano fissare solo prove meccaniche e non precisare spessori ma valori minimi del diametro interno.

La discussione si è chiusa con un invito del Presidente a tutte le delegazioni a voler comunicare i risultati delle esperienze fatte in laboratorio sul comportamento di questi tubi agli effetti della curvabilità del riscaldamento e delle prove meccaniche.

Comitato per le « Regole Generali ».

Dal 4 al 6 maggio si è tenuta la riunione del Comitato per le Regole Generali, presieduta da M. Coutris (Francia).

Si dedica la seduta alla discussione del 3° progetto di Raccomandazioni sui « Morsetti a vite », documento CEE (031) F 102/60.

Qui di seguito vengono riassunte le principali discussioni e relative conclusioni.

Si discute dapprima sulla differenza fra morsetti destinati a serrare conduttori rigidi e quelli destinati a serrare conduttori flessibili. Si conclude che uno stesso morsetto può serrare un conduttore rigido di sezione maggiore di uno flessibile; in compenso viene fatto osservare che quello flessibile può portare maggiore corrente. Circa i diametri dei conduttori che i singoli morsetti devono poter serrare, ci si accorda sui seguenti valori:

N° di riferimento del morsetto	Massima sezione del conduttore da serrare mm ²	Massimo diametro corrispond.	
		per conduttori flessibili mm	per conduttori rigidi mm
1	1,5	1,73	1,68
2	2,5	2,20	2,10
3	4	2,83	2,73
4	6	3,88	3,36
5	10	4,98	4,41
6	16	6,20	6,00
7	25	—	7,77

Questi valori, maggiorati ed arrotondati, porteranno alla minima dimensione disponibile per il conduttore, che comparirà sui singoli fogli di unificazione.

A proposito della corrente ammissibile dei singoli conduttori sia flessibili che rigidi, il Segretariato viene incaricato di preparare una proposta. Se ci si accorderà su quest'ultima questione, si potrà avere una corrispondenza fra i valori delle correnti nominali e i numeri di riferimento dei morsetti per conduttori flessibili e per quelli rigidi. Il compito dei vari Comitati Tecnici sarà perciò quello di scegliere fra conduttori flessibili o rigidi e resterà univocamente fissato il morsetto. Viene poi accettata la proposta olandese di non permettere morsetti di metallo non protetto contro la corrosione o non ricoperto di rivestimento appropriato.

Le specificazioni particolari per il morsetto di terra vengono leggermente modificate, accettando per i primi paragrafi la proposta olandese che impone che i morsetti di terra interni siano uguali a quelli di fase e che quelli esterni siano del numero di riferimento 4.

Passando ai fogli di unificazione, si riesce solamente ad esaminare il primo ed il secondo foglio, relativi al morsetto a foro e a quello in cui il conduttore è serrato sotto la testa della vite. Vengono modificate le minime dimensioni trasversali D per i morsetti maggiori, in conseguenza dell'aumento del diametro dei conduttori, già concordato; i valori sono i seguenti:

morsetto n.	4	5	6	7
dimensione D (mm) . .	4	5	6,5	8.

Si discute lungamente se abolire la prova di resistenza meccanica da eseguirsi quando non siano rispettate per le viti le dimensioni minime imposte. In conclusione tale possibilità viene lasciata riducendo però il valore della copia di prova.

Viene poi ridotta da 3 mm a 2,5 mm la parte di conduttore

che deve sporgere oltre la vite di serraggio quando esso non sia visibile. Nel caso in cui vengano usate 2 viti invece di una per il serraggio, si decide di ridurre, oltre al diametro, anche la lunghezza della vite e la parte maschiata del morsetto. Non viene invece modificato il testo secondo una proposta tedesca, di permettere una vite più piccola, quando il serraggio avvenga tramite una placchetta di convenienti dimensioni.

Il Segretariato preparerà una nuova stesura di questo progetto, ma nella riunione del prossimo autunno verrà esaminato per primo il progetto sulle linee di fuga e distanze in aria.

Comitato Tecnico 233: « Connettori ».

Nei giorni 7 e 9 maggio ha avuto luogo la riunione del Comitato Tecnico « Connettori », il cui Segretariato è affidato alla Germania; presiede il tedesco Zimmermann.

Dopo che i vari delegati hanno reso noto la posizione di ciascun Paese nei confronti dell'adozione dei nuovi tipi di connettore, che è risultata in generale di attesa, si passa all'esame del 6° progetto di Specificazioni per i connettori per uso domestico, documento CEE (233) D 106/60.

Al paragrafo 2 (Definizioni) viene stabilito che la dizione « cordon connecteur » definisce i connettori uniti indissolubilmente al conduttore (in inglese « cord-set »). Viene poi stabilito che il cord-set deve essere presentato alle prove con un cavo di lunghezza fissata (ad es. 1 m).

Trattando della classificazione vengono ancora mosse obiezioni alla adozione del conduttore da 10 A non smontabile senza messa a terra (classe II), collegato a un conduttore bipolare, da usarsi esclusivamente in locali non pericolosi; alla fine si decide di lasciare le cose come stanno e di aggiungere in una nota, che i singoli Paesi potranno emanare disposizioni per rendere questo connettore a tre fori, di cui uno senza alveolo, inaccoppiabile con lo zoccolo provvisto di messa a terra.

Per quanto riguarda l'eventuale adozione di un tipo di connettore da 6 A smontabile con messa a terra, viene deciso di porlo eventualmente in discussione in un secondo tempo, qualora il connettore da 10 A si riveli insufficiente per tutte le applicazioni.

Al paragrafo 7 (Marchi ed indicazioni) viene accolta la proposta svedese per rendere obbligatoria la marcatura degli zoccoli dei connettori che vengono immessi separatamente sul mercato.

Trattando delle dimensioni, viene stabilito di introdurre una nota per spiegare che è in considerazione l'adozione di un tipo da 16 A. Una proposta francese, appoggiata da Norvegia ed Italia, tendente a prescrivere l'inammissibilità di connessioni con i connettori normalizzati dalla IEC, non è accettata per l'opposizione del delegato olandese.

Una discussione senza esito avviene per una eventuale adozione di cavetti isolati in p.v.c. per il connettore da 10 A (caldo), mentre viene soppressa la nota che prevedeva la messa allo studio di fogli di normalizzazione per connettori con alveoli non elastici; dopo aver accolto alcune osservazioni norvegesi sulle caratteristiche degli spinotti, viene stabilito di ammettere conduttori detti « tinsel cord » (cavetti superflessibili a minima sezione) per i connettori da 1 A, introducendo a tal fine una nota per spiegare che in alcuni Paesi sono allo studio corde speciali di sezione inferiore a 0,5 mm²; le caratteristiche definitive di questi conduttori verranno fissate dopo aver interpellato il Comitato Tecnico dei Cavi.

Viene infine stabilito di dire che sono allo studio i fogli di normalizzazione per connettori con incorporati apparecchi di interruzione, quali fusibili, limitatori di temperatura, termostati e simili.

Al paragrafo 13 (Resistenza all'umidità e isolamento) viene accolta la richiesta avanzata anche dall'Italia per provare a 4 000 V gli zoccoli dei connettori per apparecchi di classe II, in luogo dei 2 000 V previsti.

Al paragrafo 18 (Riscaldamento delle parti conduttrici) si stabilisce di fissare la corrente di prova in 1,25 volte la corrente nominale in luogo di 1,5. Al paragrafo 21 (Resistenza meccanica) viene prescritto, in via provvisoria, che i piegamenti dei connettori non smontabili per la prova di flessione siano 10 000 in una sola direzione, qualora non sia possibile realizzare la rotazione di 90 gradi, e 5 000 nelle due direzioni quando questa rotazione è possibile. Si passa quindi all'esame del primo foglio di normalizzazione (connettore da 1 A per classe II), dove viene stabilito di chiamare « connecteur miniature » da usarsi solamente per rasoi ed apparecchi similari, il connettore previsto dalle specificazioni quando è in esecuzione « cord-set » con cavetto superflessibile (tinsel-

cord), mentre un altro tipo di connettore verrà proposto per gli altri usi.

Esaminando le varie alternative proposte per i fogli di normalizzazione II (6 A per classe II), viene scartata la soluzione a dimensioni ridotte « Maathius » dal nome del proponente, perchè lo zoccolo del connettore può essere accoppiato con alcune spine di fabbricazione americana, nonchè la soluzione rettangolare del Segretariato, mentre viene accolto il tipo rotondo « americano ».

Per i fogli di normalizzazione III (10 A con e senza messa a terra), viene accettata da tutti, con la sola opposizione della Polonia, Francia e Ungheria, la proposta svizzera tendente ad introdurre i connettori asimmetrici ad angoli smussati per facilitare l'accoppiamento.

Alla fine della riunione, il Presidente comunica che il testo del progetto verrà revisionato dal Segretariato e trasmesso al Comitato di Redazione; la discussione in Assemblea Plenaria avverrà nella riunione primaverile del 1961.

Comitato Tecnico 22/23: « Prese di corrente e Interruttori ».

Nei giorni 9 e 10 maggio ha avuto luogo la riunione del Comitato Tecnico « Prese di corrente ed Interruttori », il cui Segretariato è affidato al Belgio.

Viene esaminato il 4° progetto di Specificazioni per gli interruttori per apparecchi, documento CEE (223) B 101/60. Esaminando il paragrafo 4 (Caratteristiche nominali e natura della corrente), viene stabilito che i valori indicati siano solamente dei valori preferenziali, rimanendo inteso che eventuali interruttori a tensione intermedia dovranno essere provati al valore preferenziale immediatamente superiore. Trattando della classificazione (paragrafo 5) si decide di ammettere l'uso di interruttori per sole resistenze anche per i motori la cui corrente sia inferiore al 5 % della corrente nominale dell'interruttore. Al paragrafo 6 (Marcatura) viene accolta la richiesta di alcuni Paesi per sostituire il simbolo *F* destinato agli interruttori per uso frequente, con il simbolo *V*.

Al paragrafo 7 (Protezione contro i contatti accidentali), viene accolta dalla maggioranza dei Paesi, compresa l'Italia, la proposta inglese tendente a richiedere il doppio isolamento o la messa a terra per le parti metalliche del meccanismo, quali ad esempio l'asse della manetta di comando, a meno che queste parti non siano mai accessibili oppure abbiano distanze, rispetto alle parti metalliche accessibili, doppie di quelle normalmente richieste.

Trattando del meccanismo (paragrafo 11) viene accolta la proposta olandese di adottare il testo già approvato per la Pubblicazione 14 (Interruttori per usi domestici) per quanto riguarda la posizione che devono assumere i contatti in corrispondenza delle posizioni di « aperto » e « chiuso » dell'organo di comando.

Esaminando il paragrafo relativo alla resistenza all'umidità e isolamento, viene respinta una richiesta inglese per ridurre da 2 000 a 1 500 V la tensione di prova (posizioni I - II - III paragrafo 12 c) per gli interruttori di classe I, ≤ 380 V; mentre viene accolta la richiesta olandese di aumentare da 2 000 a 2 500 V la tensione di prova per gli interruttori di classe II (posizione IV a), di portare a 3 000 V la tensione di prova per gli interruttori di classe I ≤ 380 V (posizione VI), sopprimendo la distinzione tra i casi a) e b) ed adottando i valori di tensione più elevati. Al paragrafo 13 (Capacità di rottura), vengono avanzate le seguenti proposte per gli interruttori per comando di motori:

Germania: prova con corrente a 9 IM e $\cos \varphi = 0,3$ in accordo alle Specificazioni della IEC.

Francia: prova con 6 IM e $\cos \varphi = 0,6$.

Dopo lunga discussione viene stabilito di mantenere il testo attuale (5 IM e $\cos \varphi = 0,3$); vengono solamente adottate le tolleranze proposte dall'Inghilterra, e cioè prova con $\cos \varphi$ compreso tra 0,3 e 0,4 per gli interruttori per motori, e un $\cos \varphi$ compreso tra 0,6 e 0,7 per gli interruttori per resistenze. Simili tolleranze ($\cos \varphi 0,4 \div 0,5$ in chiusura, $\cos \varphi 0,7 \div 0,8$ in apertura) vengono adottate anche per la prova di funzionamento normale (paragrafo 14) degli interruttori per motori.

Al paragrafo 16 (Resistenza meccanica) viene accolta la proposta olandese di ripristinare l'altezza di caduta di 25 cm per la prova con il martello per gli interruttori protetti, ad eccezione degli organi di manovra, per i quali viene mantenuta l'altezza di 15 cm, unitamente agli interruttori non protetti.

Al paragrafo 18 (Linee di fuga e distanze nell'aria) viene parzialmente accolta una richiesta francese, chiarendo che le distanze riportate nella tabella, non si applicano alle di-

stanze tra i contatti (gap) degli interruttori a piccola distanza d'apertura dei contatti (microgap).

Per le distanze riportate nella tabella vengono presi, come riferimento, i valori riportati nella Pubblicazione 14 (Interruttori per usi domestici).

Per la determinazione delle distanze tra gli elettrodi degli interruttori a mercurio verrà nominato un gruppo di specialisti.

Passando all'esame della parte II (Specificazioni di carattere particolare) viene stabilito di fissare in 250 V la massima tensione per gli interruttori da cordone e di ammettere le connessioni saldate solo per gli interruttori non smontabili, per portate fino a 16 A inclusi. Sempre trattando degli interruttori da cordone, viene stabilito in linea di massima ed in attesa dei risultati delle prove sui dispositivi di arresto alla trazione e torsione, di ridurre da 0,25 a 0,15 Nm il momento di torsione per conduttori con sezione di 0,75 mm², mentre per i rimanenti conduttori vengono fissati i seguenti valori:

80 N (in luogo di 60) per la trazione;
0,35 Nm (in luogo di 0,25) per la torsione.

Vengono infine presi in considerazione per queste prove anche i conduttori sotto guaina in p.v.c.

Viene infine respinta a maggioranza (compresa l'Italia) la proposta di ridurre l'altezza di caduta, per la prova col martello, a 15 cm. Per gli interruttori a distanza d'apertura dei contatti ridotta (microgap), vengono accettati i tipi fino a 250 V (che verranno provati a 750 V) e quelli fino a 380 V (provati a 1150 V), mentre viene scelto il simbolo μ per la marcatura di questi interruttori.

Assemblea Plenaria.

Nei giorni 11 e 12 maggio si è tenuta l'Assemblea Plenaria sotto la Presidenza del prof. Van Staveren.

Dopo l'approvazione del verbale della seduta di Lugano, viene data lettura di una lettera, in cui il Comitato Danese chiede agli altri Comitati di comunicare se nel proprio Paese vengono costruiti e sono disponibili degli apparecchi di prova prescritti dalle Norme CEE; ciò renderebbe un servizio utile ai laboratori che dovessero approvvigionarsi di tali apparecchi.

Si sollecita poi alle varie Nazioni di inviare le informazioni a suo tempo richieste, circa la protezione dei simboli usati dalle Norme CEE da parte delle autorità competenti. Già 6 Paesi hanno ottenuto dalle proprie autorità la garanzia che simboli simili a quelli CEE non verranno in futuro accettati come marchi di fabbrica od altro.

Si annuncia poi che verrà inviato fra breve a tutti i Comitati Nazionali, un rapporto riassuntivo, steso da M. Ferrier, sulla situazione dei marchi di approvazione nei vari Paesi.

Si passa quindi alla definizione della questione dell'ammissione del conduttore verde-giallo nei cavetti flessibili, anche come conduttore di fase nei casi in cui non ci sia il conduttore di protezione. Contrari a questa ammissione si mostrano 9 Paesi, mentre 6 sono favorevoli; di questi ultimi, solo i francesi e gli svedesi insistono sul loro punto di vista; ma infine si decide di non permettere l'uso del conduttore verde-giallo altro che come conduttore di protezione; questa soluzione comporta l'uso di 2 tipi di cavetti tripolari con e senza un conduttore verde-giallo. Viene pure accettato che dal 1° luglio 1961 tutti i Paesi ammetteranno il conduttore verde-giallo in alternativa al proprio attuale come conduttore di protezione.

Su proposta olandese si discute poi sull'opportunità di tentare un accordo anche per il codice dei colori dei conduttori delle installazioni fisse. Tutti sono d'accordo sull'opportunità di tale accordo, in quanto si fanno sempre più frequenti gli scambi internazionali di grosse apparecchiature già cablate ed anche di mano d'opera; si rimanda invece alla prossima riunione la decisione di quale Comitato debba trattare l'argomento, se quello dei cavi, come vorrebbe l'Olanda oppure un nuovo Comitato per le regole d'installazione, come vorrebbero la Francia e l'Italia.

Viene poi costituito un nuovo Comitato Tecnico per lo studio di Norme su morsettiere, scatole di derivazione, ecc., il cui Segretariato viene affidato all'Ungheria. Il nome di tale Comitato viene scelto: in inglese « Technical Committee for

connection boxes and other connecting devices », in francese « Comité Technique des Appareils et Boîtes de connection ».

Viene poi data lettura di una lettera ricevuta dall'Associazione Française de Normalisation, che invita la CEE a partecipare, insieme all'IEC, alla preparazione della parte elettrica delle Norme sui frigoriferi domestici che in sede ISO sono state affidate alla Francia; l'invito viene accettato e un rappresentante della CEE, M. Cassassolles, parteciperà alle riunioni del Sottocomitato 5 della ISO previste a Parigi nell'autunno del 1960.

Si passa quindi all'approvazione del Progetto di Norme sugli utensili portatili a motore « Parte I (Generale) e Parte II (Particolare) », che viene approvato, dopo aver esaminato le varie osservazioni pervenute ed aver apportato qualche modifica. Al paragrafo sui dati di targa si specifica che la frequenza nominale deve essere indicata, escluso il caso di utensile adatto per corrente continua e alternata fino a 60 Hz. Al paragrafo sulla protezione contro i contatti accidentali, a proposito degli utensili per esterno, si sostituisce la nota con la seguente: « in qualche Paese non esiste il limite di 115 V per utensili per uso all'aperto ».

Si aggiunge poi che per gli utensili di classe II le parti metalliche non accessibili, che non sono in tensione per la loro funzione, non debbono essere in contatto con le parti in tensione.

Al paragrafo 10 (Avviamento), punto b), su proposta finlandese si accetta di fare la prova di avviamento con fusibile da 10 A nel caso che l'utensile sia munito di presa a spina da 10 A.

Al paragrafo 15 (Resistenza d'isolamento) viene abolita la prova a 1500 V fra le parti in tensione di polarità opposte per il pericolo di non significative scariche sul collettore, ma si richiede una prova a 1500 V fra le fasi dell'interruttore.

Per la prova delle guaine dei conduttori dei circuiti interni previsti dal paragrafo 21 c), si abolisce per la classe I il valore di 2500 V e si prescrive un'unica prova di 3000 V fra filo e massa (ossia comprendendo anche l'isolamento proprio del conduttore).

Al paragrafo 16 (Durata), punto s), si abolisce la limitazione di riduzione della lunghezza delle spazzole del 40%, durante la prova di durata.

Al paragrafo 18 (Resistenza meccanica) viene accettato lo spessore di 5 mm per la lastra di acciaio contro cui sbattono gli utensili nella prova di caduta; si aggiunge che questa prova viene eseguita sugli utensili portatili, se non vi sono specificazioni contrarie nelle Norme particolari. Viene poi accettata la proposta olandese di ripetere dopo la prova di caduta, la prova di tensione del paragrafo 15 c) per rilevare eventuali fratture dell'isolamento di protezione.

Al paragrafo 19 (Costruzione) punto c), si specifica che la costruzione deve essere tale che i conduttori, le viti, le ranelle, ecc. non debbono ridurre l'isolamento a più del 50%, qualora allentati o staccati uno alla volta.

Al punto 1) per gli utensili di classe II si prescrive che le aperture di ventilazione non lascino entrare oltre la sfera di diametro 6 mm, anche uno spinotto di prova conico lungo 15 mm e con diametri di base rispettivamente di 3 e 4 mm. Queste prove non vengono eseguite quando il circuito di ventilazione non tocca parti in tensione.

Al punto m) si decide che per la classe II l'involucro metallico dei condensatori antidisturbo non possa essere in contatto metallico con altre parti metalliche accessibili.

Al paragrafo 20 (Parti componenti) si proibisce l'uso di miscele indurenti per fissare interruttori, condensatori e altre parti che potrebbero richiedere sostituzione.

Al paragrafo 22 (Connessioni di alimentazione) punto c), si aggiunge che i pressacavo per la classe II debbono essere di materiale isolante oppure, se metallici, debbono essere isolati con isolamento di protezione dalle parti accessibili; per la classe I basta che siano ricoperti di materiale isolante adeguatamente fissato.

Al termine della seduta si decide poi che la prossima riunione della CEE verrà tenuta dal 12 al 23 settembre 1960 a Londra con la partecipazione dei seguenti Comitati Tecnici: «Prese a spina e interruttori», «Corpi illuminanti», «Cavi», del Comitato per le Regole Generali e dell'Assemblea Plenaria.

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

SUNTI E SOMMARI Pag. 113 D
Apparecchi e dispositivi di manovra, di regolazione, di protezione, ecc. — Applicazioni termiche — Applicazioni varie — Condutture — Fisica, chimica e matematica — Costruzioni elettromeccaniche — Elettrofisica e magnetofisica — Elettrotecnica generale — Impianti — Insegnamento, istituti, scuole, laboratori — Materiali — Meccanica — Misure — Motori primi — Radiotecnica — Statistica — Tarifficazione e vendita — Telefonia, telegrafia e televisione — Trasformatori — Trasmissione e distribuzione — Trazione e propulsione — Varie.

SUNTI E SOMMARI

APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, DI REGOLAZIONE, DI PROTEZIONE, ECC.

August Hochrainer — **Interruttori di elevata potenza.** (AEG Mitteilungen, maggio 1960, pag. 193 a 200, con 21 fig.). 3 b

Nel presente articolo l'A. riferisce sulle prove eseguite sull'interruttore tipo L per 110 kV, 4 000 MVA. Da questo interruttore monopolare ne è stato sviluppato e costruito un altro tripolare di pari potenza, che è stato esposto nel 1960 alla Fiera dell'Industria Tedesca ad Hannover. Dalla testa doppia dell'interruttore del tipo ad L sono state sviluppate, per più elevate tensioni di prova, adeguate teste doppie a W, di cui esistono, a seconda della potenza e della corrente nominale, due esecuzioni, il tipo W3 e W4. È stato analogamente esposto un interruttore per 220 kV, 10 GVA fornito di tre teste W4 per polo. Dalle tre teste tipiche, L, W3 e W4, è possibile sviluppare un gran numero di interruttori per potenze molto elevate. A.C.

Wolfgang Schick — **Sezionatori per alte tensioni di piccolo ingombro.** (AEG Mitteilungen, maggio 1960, pag. 200 a 204, con 6 fig.). 3 b

L'AEG ha esposto alla Fiera dell'Industria Tedesca del 1960 ad Hannover il sezionatore ad X per 220 kV e il sezionatore ellissoidale per 110 kV. Nel presente articolo, insieme ad una introduzione descrittiva dei problemi tecnici tipici dei sezionatori, vengono trattate le proprietà e l'utilizzazione di siffatti sezionatori, nonché le questioni economiche e relative al loro uso in esercizio. Viene posto particolarmente l'accento sui vantaggi offerti dall'esiguità di spazio richiesta. A.C.

Ortwin Küster — **Un nuovo interruttore per basse tensioni e elevata potenza.** (AEG Mitteilungen, maggio 1960, pag. 204 a 206, con 3 fig.). 3 b

Nel presente articolo viene descritto un nuovo interruttore AEG per basse tensioni, del tipo M 100r con capacità di inserzione e disinserzione sotto elevati carichi. La potenza di rottura, misurata secondo le VDE 0660/12.52, ammonta a 40 kA_{eff} con 500 V e $\cos \varphi = 0,4$, mentre può aversi l'inserzione con 80 kA_{eff}. Vengono quindi trattati i problemi relativi alla costruzione dell'interruttore, nonché i materiali necessari per i diversi requisiti di protezione, ed i dati concernenti le prove eseguite sull'apparecchio. A.C.

W. Schrinner - H. Pawlik — **Razionalizzazione nella costruzione di impianti di interruttori all'aperto.** (Elettrotechnik, giugno 1960, pag. 222 a 227, con 6 fig.). 3 b

Si hanno oggi diversi tipi di costruzioni per impianti di interruttori all'aperto per 110 kV. La scelta del tipo più adatto in un dato caso non è sempre facile, perché bisogna tener conto di molti fattori d'esercizio ed economici. Nella Germania Orientale è per altro stato stabilito nel 1959 da apposita commissione tecnica di impiegare solo due tipi, e precisamente la costruzione in tandem e quella diagonale con coltelli separatori. Resta così molto facilitata la scelta. Gli AA. passano in rassegna le caratteristiche dei diversi tipi

di costruzioni e ne illustrano i rispettivi vantaggi e svantaggi. Viene accennato all'opportunità di riservare il secondo tipo prescelto — quello in diagonale — per impianti piccoli e medi, mentre per impianti di maggiore importanza, soprattutto se connessi con impianti a 220 o a 380 kV, sono preferibili le costruzioni in tandem per tutte le tensioni. Tt.

B. Fleck - E. Maass - H. Raabe — **Apparecchi e impianti per inserzione e disinserimento di circuiti; condensatori di notevole potenza.** (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 460 a 466, con 12 fig.). 3 b

Anche per gli interruttori ad aria compressa per alta tensione si va introducendo il sistema di costruzione ad elementi prefabbricati: in tal modo le camere di scoppio e i relativi dispositivi addizionali, come capacitori in parallelo ed eventualmente resistori, vengono disposti in serie per tensioni da 60 a 400 kV e per potenze di rottura da 2 000 a 20 000 MVA. Nel campo delle apparecchiature a bassa tensione, si registra la diffusione di interruttori blindati con materiali sintetici pressati. Sempre più si estende l'uso, nella bassa tensione, di relè ausiliari elettromagnetici con diretta applicazione di dispositivi a transistor, con ritardo e senza, così da costituire elementi di straordinaria sensibilità. Anche nel campo dei condensatori di notevole potenza, si tende sempre più ad eseguire gli impianti con elementi unitari prefabbricati, allo scopo anche di disporli in spazio sempre più ridotto e diminuire la lunghezza dei collegamenti tra di essi e gli interruttori. Si deve notare anche la realizzazione di regolatori di potenza reattiva per piccoli impianti. Tt.

Eberhard Fischer — **Scaricatori SAW per impianti di media tensione.** (AEG Mitteilungen, maggio 1960, pag. 216 a 219, con 5 fig.). 3 d

Onde portare la sicurezza d'esercizio negli impianti elettrici ad un livello sempre più elevato, si impone l'uso sempre maggiore di scaricatori per sovratensioni. Particolarmente

SERVIZIO DOCUMENTAZIONE

L'A.E.I. è in grado di fornire ai propri Associati per gli articoli pubblicati su alcune centinaia delle più importanti riviste italiane ed estere:

- *fotocopie nero su bianco*: a pagina L. 250
- *microfilm* (24 x 36): per fotogramma (minimo 5 fotogrammi) L. 70
- *traduzioni* (prezzi da convenirsi).

Le traduzioni vengono consegnate entro tre mesi. Precisare se si desiderano le traduzioni entro termini più ristretti.

Ai prezzi come sopra calcolati, vanno aggiunti per spese di ricerca delle pubblicazioni e di segreteria, L. 500 per ogni articolo, più le spese postali di raccomandazione e le tasse.

Le richieste di fotocopie, microfilm o traduzioni, devono indicare chiaramente e per esteso: il nome della pubblicazione, la data di edizione (se si tratta di rivista), il nome dell'autore, il titolo e, se possibile, il numero della pagina d'inizio.

appropriati per la protezione di impianti di media potenza sono gli scaricatori SAW del tipo AM con una corrente nominale di scarica di 5 kA, migliorati ulteriormente nelle loro proprietà. Allo scopo di dotarne, senza eccessivo aggravio finanziario, anche stazioni di trasformazione molto piccole, è stato sviluppato lo scaricatore SAW di tipo AU con una corrente di scarica nominale di 2,5 kA. Nel presente articolo vengono descritte diffusamente le caratteristiche dei due tipi di scaricatori sopra menzionati. A.C.

Werner Eisert - Helmut Grosse-Brannckmann — Relè di avviamento R e protezione P per frigoriferi ed altri motori a fase ausiliaria. (AEG Mitteilungen, maggio 1960, pag. 225 a 228, con 8 fig.). 3 e

Nel presente articolo viene descritta una nuova combinazione di avviamento per motori con fase ausiliaria, in particolare motori per impianti frigoriferi. Tale combinazione si compone di un particolare relè con elevata capacità di interruzione e lunga durata di esercizio, e di una protezione che ha il compito, nel caso di condizioni eccezionali, di escludere il motore e proteggere pertanto la fase ausiliaria. A.C.

L. Rimmark — Relè di protezione e ausiliari. (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 466 a 468, con 4 fig.). 3 e

Per la protezione di alternatori si è addivenuti alla riunione in un unico dispositivo della protezione di sovracorrente, di quella differenziale e di quella di corto circuito a terra del rotore: anche per i trasformatori, si sono riunite in un'unica custodia la protezione di sovracorrente e quella differenziale. Per la sorveglianza della resistenza d'isolamento di reti a bassa tensione, è stato realizzato un dispositivo con un campo di misura da 15 a 50 k Ω e un altro per un campo da 1 a 50 k Ω , dotato di equipaggiamento parzialmente provvisto di transistor con schema stampato. La maggior parte dei relè ausiliari è ora studiata per incorporazione in armadi con collegamenti saldati o con prese a spina. Una parte di essi utilizza pure transistori con schemi stampati. Tt.

APPLICAZIONI TERMICHE

K. H. Brookmeier - Ph. Woll — Elettroriscaldamento. (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 471 a 477, con 19 fig.). 5 a

Nell'elettroriscaldamento industriale è stata realizzata la conversione di frequenza statica da 50 a 150 Hz per i forni a induzione, in base a diversi principi; si sono anche adottati, negli impianti di indurimento superficiale, dispositivi senza contatti con controllo a transistori; da registrare pure l'impiego dello schema in serie-parallelo nei forni a induzione a frequenza industriale. Per il riscaldamento elettrico nelle abitazioni, si nota una sempre più larga diffusione delle cucine elettriche incorporate, con dimensioni unificate. Nel forno si adottano sempre più l'illuminazione interna, i selectori di temperatura, gli interruttori di preselezione per il riscaldamento superiore e inferiore nonché l'esclusione automatica del forno con interruttore orario. Si nota un crescente interessamento per le macchine lavapiatti e le lavatrici elettriche. Un certo incremento si ha anche nella produzione di apparecchi per l'elettroriscaldamento di ambienti. Tt.

E. A. Otto — La saldatura a punto nelle leghe di alluminio. (E.u.M., 1° giugno 1960, pag. 261 a 264, con 7 fig. e 1 tab.). 5 c

I procedimenti di saldatura per resistenza hanno acquistato in questi ultimi tempi sempre maggiore interesse nel campo dei metalli leggeri. Mentre nel periodo bellico, essenzialmente per aeroplani, venivano eseguiti lavori su spessori di 1,5 mm, negli ultimi anni si sono dovute eseguire sempre più frequentemente saldature a punto su lamiere di spessore fino a 6 mm. L'A. illustra i principali problemi a cui si va incontro con spessori così elevati, i mezzi di cui oggi si dispone assieme alle probabili vie di sviluppo futuro. A.C.

A. R. Baffrey — Riscaldamento a induzione nelle forge moderne. (ACEC, 1960, n. 1, pag. 13 a 20, con 13 fig.). 5 g

Nel riscaldamento a induzione dei materiali ferrosi, il riscaldamento si concentra su uno spessore superficiale più o meno grande in dipendenza della frequenza usata. Poiché

però bisogna dare tempo al calore di diffondersi anche nell'interno del pezzo per evitare eccessive differenze di temperatura, i tempi di riscaldamento non si possono ridurre sotto un certo limite pur restando molto più brevi che col riscaldamento a combustibile. Una riduzione dei tempi si può ottenere applicando all'inizio un tasso di riscaldamento molto superiore a quello della fine dell'operazione; superficialmente si raggiunge in pochissimi secondi la temperatura massima voluta, dopo di che si procede fornendo soltanto le calorie necessarie a mantenere tale temperatura mentre il calore si diffonde all'interno del pezzo. Spesso gli induttori sono disposti orizzontalmente e i pezzi sono fatti procedere entro di essi scorrendo su guide, di materiale metallico o refrattario, per mezzo di organi spintori, o con un sistema a passo di pellegrino o anche per inerzia a scosse. L'A. illustra gli schemi applicativi di questi vari sistemi. In una tabella sono raccolti i valori di frequenza più adatti in funzione del diametro dei pezzi da scaldare e in un diagramma sono indicati i consumi di energia per riscaldare a 1 200 °C sbarre di acciaio di vario diametro adottando frequenze diverse. Una applicazione interessante del riscaldamento a induzione è quella per riscaldamento localizzato in punti particolari che debbano poi subire una stampatura; si fanno forgiatrici di questo genere per teste di bulloni, capaci di produrre da 3 000 a 3 600 pezzi all'ora. Sono anche illustrati dispositivi di riscaldamento per grossi lingotti o per lunghe billette prima della laminazione. L'A. svolge anche elementi di confronto fra il costo di riscaldamento a induzione e con metodi classici. N.

APPLICAZIONI VARIE

G. Lottmann — Prescrizioni per equipaggiamenti elettrici di macchine utensili. (Elektrie, giugno 1960, pag. 230 a 231). 6 c

Viene esaminato il progetto di revisione per una nuova edizione delle Norme VDE 0113 per gli equipaggiamenti elettrici di macchine utensili. Viene esaminato il contenuto di tali Norme, presentate ora sotto la denominazione di « Prescrizioni » e ne viene fatto un confronto con le analoghe Norme estere. Viene poi accennato ai vantaggi dell'impiego di trasformatori per correnti di comando, mentre viene esaminato il problema della messa a terra sul secondario di tali trasformatori. Particolare cenno è fatto anche circa i cavetti e le condutture di comando. Tt.

W. Falck - G. Kessler — Macchine e comandi elettrici. (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 446 a 449, con 8 fig.). 6 c

È stato realizzato nel 1959 il motore elettrico unificato secondo le Norme DIN 42673: i tipi presentati dalle varie Case costruttrici sono ormai del tutto simili. Si è andata sempre più estendendo la corrente alternata per gli impianti di bordo: così si è avuto un forte sviluppo di alternatori a tensione costante per questo uso nonché di motori trifasi per verricelli di carico. Anche per l'illuminazione dei treni si tende sempre più a passare dalla corrente continua a quella alternata. Per i comandi, per una regolazione precisa e continua della velocità, si è affermato sempre più il motore a corrente continua con eccitazione in derivazione: tali motori vengono alimentati con raddrizzatori inseriti direttamente sulla rete: per piccole potenze, si fa sempre ricorso ai tiratroni. Quando, come per le macchine utensili, la regolazione di velocità si effettui a gradini fissi, si può ricorrere ad ingranaggi azionati da motori a corrente alternata. Si va però estendendo anche l'impiego di elementi con semi-conduttori, in sostituzione dei tiratroni, di durata limitata, e degli amplificatori magnetici assai ingombranti. Tt.

E. Koch — Le industrie meccanica e automobilistica come clienti dell'industria elettrica. (E.T.Z. (B), 13 giugno 1960, pag. 299 a 300). 6 c

L'A. esamina due particolarmente interessanti gruppi di utenti dell'industria elettrica, quelli dei costruttori meccanici ed automobilistici, in quanto si tratta di aziende determinanti per l'incremento dell'economia di Paesi industrializzati. Per la Germania, lo sviluppo di tali industrie-chiave si presenta straordinariamente favorevole nel 1960; l'industria elettrica dovrebbe perciò risentirne notevole vantaggio, tanto più in relazione alle previste riforme strutturali, di razionalizzazione e ammodernamento degli impianti, delle predette industrie. Tt.

CONDUTTURE

K. Berger — Necessità e valore protettivo di guaine metalliche per cavi secondari in impianti ad alta tensione e in gallerie di alta montagna, come esempio dell'efficacia protettiva di gabbie di Faraday di tipo generale. (A.S.E., 4 giugno 1960, pag. 549 a 563, con 19 fig.). 9 d

Vengono date informazioni su fenomeni di sovratensioni verificatisi in cavi di misura, di comando e telefonici in impianti all'aperto a 220 kV e superiori e in gallerie in alta montagna di centrali idroelettriche. La causa di tali fenomeni e delle relative perturbazioni viene spiegata con la legge d'induzione, come è stato confermato anche da prove effettuate. In base a tali esperimenti, è stata dimostrata la grande importanza delle guaine metalliche per i cavi a bassa tensione: invero esse consentono di evitare perforazioni per effetto di forti sovratensioni a fronte rapido, provocate da manovre di inserzione negli impianti ad alta tensione o da scariche del fulmine in alta montagna. Circa la sezione di tali guaine, l'A. avverte che il relativo effetto protettore è un caso particolare della protezione esercitata da una gabbia di Faraday di forma qualsiasi. Circa le gallerie di alta montagna, da una impresa elettrica fu rilevata una forte riduzione nella resistenza di isolamento in cavetti per telefonia e segnalazioni, installati in una galleria dal serbatoio al pozzo piezometrico, e ciò specialmente dopo temporali. Fu riscontrato che il cavo, sprovvisto di guaina metallica, ma dotato solo di doppio isolamento in termoplasti per 2,9 mm in polietilene e per 2,4 mm in cloruro di polivinile, presentava un gran numero di perforazioni nell'isolamento con fessure di notevole lunghezza nello strato esterno di cloruro di polivinile. Circa le scariche, che hanno originato il guasto non può trattarsi che di fulmini. Furono fatte esperienze in laboratorio, le quali hanno confermato l'ipotesi. Si è notata anche la possibilità di penetrazione di onde di sovratensione in cavi, la cui guaina non era stata all'inizio messa a terra. La gabbia di Faraday dà protezione tanto maggiore quanto più elevata è la frequenza, mentre l'ordinaria messa a terra va bene solo per circuiti con prevalente resistenza ohmica. *Tt.*

F. Otten — Cavi e condutture per correnti intense. (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 468 a 471, con 8 fig.). 9 d

Si nota un costante progresso nel campo dei cavi e delle condutture; si va sempre più estendendo la produzione di cavi per alta tensione con guaina in alluminio o rame ondulato nonché in materiale sintetico, di solito a base di cloruro di polivinile, per tensioni sino a 20 kV. Per le armature dei cavi, si tende sempre più a ridurre le dimensioni e a realizzarle un rapido e facile montaggio. I tipi classici di cavi con guaina in piombo e isolamento in carta cedono sempre più il posto ai tipi con guaina in alluminio o rame, quando questa abbia a funzionare come quarto conduttore. Per linee con conduttori isolati, si usano quasi esclusivamente per l'isolamento miscele di cloruro di polivinile: essi sono ormai considerati anche nelle Norme VDE. Si richiedono anche spesso condutture atte a funzionare ad un'elevata temperatura, nel qual caso l'isolamento viene effettuato in gomma ai silicioni. Una calza in fibra di vetro, al disopra dell'isolante, offre poi la possibilità di ottenere un esercizio di emergenza in caso di distruzione dell'isolante. *Tt.*

FISICA, CHIMICA E MATEMATICA

E. H. Ludwig - W. Nowag — Raddrizzatori. (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 454 a 460, con 13 fig.). 10 a

Nel campo dei raddrizzatori a vapore di mercurio si registra un costante progresso inteso alla realizzazione di nuovi tipi con orientamenti in diverse direzioni; predominano ormai le costruzioni senza pompe, specialmente nella forma monoanodica, come Eccitroni o Ignitroni. Però anche il raddrizzatore plurianodico in vetro, con catodo liquido a mercurio, trova sempre possibilità di impiego. Con interesse si notano anche nuove realizzazioni nel campo dei raddrizzatori monoanodici, senza pompe, con cilindro in ferro. Talune Case tedesche impiegano gli ignitroni solo per scopi di inserzione, specialmente per impianti di saldatura: così è stato realizzato un tipo, che può essere fatto funzionare con raffreddamento continuo ad acqua oppure con applicazione di un interruttore termico per l'azionamento di una valvola

magnetica sistemata nella conduttura dell'acqua di raffreddamento. Nel campo dei tiratroni, si registrano diverse novità: tra queste è da menzionare un dispositivo di riscaldamento rapido per attenuare la lentezza di messa in funzione di tali apparecchi. Nel campo dei raddrizzatori con semiconduttori si ha un sempre crescente sviluppo, specialmente per i raddrizzatori a un solo cristallo (di germanio o silicio). Si tende a costruire anche unità sempre più grosse per correnti sino a 250 A, con schema a ponte trifase, e per tensioni sino a 4 200 V, in schema in serie. Per i raddrizzatori al silicio sono poi stati realizzati adatti dispositivi di protezione, per essi indispensabili. Da notare il diffondersi di raddrizzatori al silicio per alimentazione di motori di trazione a corrente continua, in sostituzione degli ignitroni sin qui usati. Così è stato realizzato un locomotore da 3 800 kW, per una velocità di 160 km/h, equipaggiato con due gruppi di raddrizzatori in schema a ponte monofase; ogni ramo del ponte è costituito da 16 elementi in serie e 14 in parallelo; in complesso si tratta di 224 elementi. Ogni gruppo comprende 4 cilindri uguali sovrapposti con 224 elementi per ogni ramo del ponte. Si sono ottenuti anche raddrizzatori al silicio controllati per intensità di corrente relativamente elevate per comandi a inversione di moto. *Tt.*

W. Fischer - R. Renz — Motori sincroni per gruppi convertitori di frequenza. (AEG Mitteilungen, marzo-aprile 1960, pag. 115 a 119, con 9 fig. ed 1 tab.). 10 b

Motori sincroni di bassa potenza da 5 fino a 200 kW vengono impiegati spesso per gruppi convertitori di frequenza, ad esempio per variare la frequenza della tensione della rete di alimentazione da 50 Hz a 16 2/3, 60 oppure 400 Hz. I motori sincroni vengono fatti marciare con una data eccitazione, a pieno carico con un fattore di potenza unitario. In certi casi i motori possono essere impiegati per la produzione di corrente reattiva. I generatori dei gruppi convertitori possono senz'altro essere caricati con la potenza nominale sotto forma impulsiva. *A.C.*

G. Lehmann — Moderne strutture degli impianti raddrizzatori con semiconduttori. (AEG Mitteilungen, marzo-aprile 1960, pag. 132 a 134, con 5 fig.). 10 f

Vengono descritti gli schemi costruttivi seguiti dall'AEG per impianti raddrizzatori al germanio ed al silicio. Sono state sviluppate, per le diverse necessità dell'utente, unità raffreddate sia ad aria sia ad acqua. Per piccole e medie potenze sono impiegati come protezione per le celle dei semiconduttori, fusibili e interruttori sia per corrente alternata che continua. L'A. termina l'articolo illustrando i principi di funzionamento degli impianti, da cui risulta come per tensione continua fino a circa 120 V siano più convenienti celle al germanio, mentre per tensioni superiori vengano preferite celle al silicio. *A.C.*

J. Vilim - M. Kubat - J. Kroczeck — Punti di vista circa la prova termica e la sicurezza di esercizio di raddrizzatori al germanio per correnti intense. (Elektrie, giugno 1960, pag. 214 a 216, con 9 fig.). 10 f

Nell'attuale stadio di sviluppo dei raddrizzatori al germanio, si manifesta un particolare interesse per una conveniente prova tecnica degli stessi e per un controllo della sicurezza d'esercizio del complesso. Come per tutti i raddrizzatori a secco, la prova più importante è anche qui quella del sovraccarico di corrente e tensione da essi sopportabile. Invece i problemi di durata, e perciò la stabilità, dato il relativo breve tempo del loro sviluppo, rimangono ancora insoluti. Gli AA. descrivono un processo di prova per diodi al germanio per elevate intensità di corrente, impiegati in via suppletiva in un locomotore da miniera ad accumulatori per rendere possibile il funzionamento dell'elettroveicolo sia con presa da corrente continua o alternata sia con accumulatori. *Tt.*

H. Völger — Il raddrizzatore al germanio per elettrolisi e bagni galvanici. (E.T.Z. (B), 13 giugno 1960, pag. 285 a 291, con 19 fig.). 10 f

Per impianti di elettrolisi o di bagni galvanici si richiedono forti intensità di corrente continua, ottenuta per mezzo di raddrizzatori; in questi ultimi tempi vanno largamente diffondendosi in questo settore i raddrizzatori al silicio o al germanio. L'A. esamina i limiti di applicazione di tali raddrizzatori e ne considera il sistema di raffreddamento, mentre poi illustra lo schema e indica come si effettua la prote-

zione degli elementi. Viene anche mostrato come si può fare la regolazione o la variazione della tensione continua ottenuta. La preferenza viene data ai tipi al germanio, perché il loro rendimento e il loro costo, per tensioni tra 30 e 80 V, sono migliori che non per i tipi al selenio o al silicio. Gli elementi devono essere protetti con valvole speciali. Circa la regolazione della tensione, si impiegano trasformatori adattati; dotati di prese a rulli di carbone, nonché regolatori rotativi e bobine con premagnetizzazione a corrente continua: di questi dispositivi viene indicato lo schema e viene illustrato il modo di funzionamento. Da ultimo viene descritta la regolazione di un impianto di raddrizzatori al germanio. *Tt.*

COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

H. Siems — **La forma di protezione detta di « autosicurezza ».** (E.T.Z. (A), 6 giugno 1960, pag. 431 a 434). *11 a*

In questi ultimi anni sono stati realizzati in Germania, per la prima volta, dispositivi ed impianti elettrici per miniera, che corrispondono al tipo di protezione contro fenomeni atmosferici di scarica, detto di « autosicurezza ». L'A. si propone nel suo studio di stabilire il grado di sicurezza di tali apparecchi, in base ai risultati di prove effettuate. Viene intanto chiarito il significato di « autosicurezza », in base alle Norme inglesi, dalle quali si rileva che tali dispositivi escludono le possibilità di scoppio, anche quando nella loro manovra o nel loro funzionamento abbiano a prodursi scintille. L'A. esamina le relazioni fisiche e chimiche, che si hanno in tali fenomeni nonché quelle elettriche. Vengono illustrati pure i metodi e i dispositivi di prova. Viene avvertito che i limiti di applicabilità di tali dispositivi non sono tuttavia ancora ben definiti. *Tt.*

K. Bobek - R. Vogel — **Macchine a potenza reattiva raffreddate ad idrogeno e successivamente ad aria.** (AEG Mitteilungen, marzo-aprile 1960, pag. 101 a 105, con 6 fig.). *11 e*

L'installazione di grosse macchine a potenza reattiva in zone in cui vi è penuria di acqua, ha reso necessario lo sviluppo di particolari tipi di macchine che possano fare a meno durante l'esercizio, dell'acqua di raffreddamento. Vengono descritte le due macchine da 17,5 MVA refrigerate con circolazione d'aria aspirata dall'esterno. Si illustrano inoltre le caratteristiche costruttive di una macchina a potenza reattiva refrigerata ad idrogeno, a sua volta raffreddata con aria esterna. Oltre alle caratteristiche completamente nuove del sistema di refrigerazione, vengono descritte le apparecchiature di regolazione e di controllo. *A.C.*

C. R. Dixon - F. G. Nelson — **Effetto di alte temperature sulle giunzioni saldate alluminio-rame.** (Elec. Eng., dicembre 1959, pag. 1190 a 1194, con 11 fig.). *11 f*

Gli AA. espongono prima considerazioni generali sui sistemi di collegamento fra conduttori di rame e di alluminio e accennano ai recenti progressi compiuti nei procedimenti per effettuare giunti saldati. Riferiscono poi su ricerche sperimentali eseguite per riconoscere se i riscaldamenti che possono verificarsi durante l'esercizio siano in grado di danneggiare le giunzioni saldate. Sono state sottoposte a prove circa 500 giunzioni; esse sono divise in 2 gruppi di cui i due primi, eseguiti nello stesso tempo differiscono perché per uno di essi la sbarra di alluminio era stata ricotta e per l'altro gruppo aveva subito un trattamento di bonifica; il terzo gruppo di giunzioni, effettuato due anni più tardi, comprende pure giunzioni con sbarre di alluminio bonificato. I giunti vennero sottoposti a temperature da 100 a 150 °C per lunghi periodi anche fino a 2 anni; inoltre alcuni furono riscaldati in modo intermittente a 180 °C per una durata complessiva di un anno. Le giunzioni del terzo gruppo furono sottoposte a temperature da 230 a 370 °C in modo continuativo per periodi da pochi minuti a 6 giorni. Le giunzioni furono sottoposte a prove di trazione, di urto, a misure di resistenza elettrica e ad esami metallografici; gli AA. danno qualche particolare di queste prove. I risultati sono riportati in tabelle numeriche e in alcuni diagrammi. Alle prove di trazione si produsse in molti casi la rottura della sbarra di alluminio prima di quella della giunzione; la resistenza media dedotta dalle misure è risultata di 700 kg/cm² (ma in causa di quanto ora

detto, in realtà la resistenza media delle giunzioni deve essere più alta) per giunzioni sottoposte a 150 °C per 2 anni, a 180 °C per un anno, a 230 °C per 144 ore, a 260 °C per 36 ore, a 315 °C per 2 ore, a 370 °C per 5 minuti. In singoli casi la resistenza a trazione può scendere notevolmente sotto 700 kg/cm² quando la giunzione sia sottoposta a 250 °C per 48 ore o a temperature superiori per un tempo più breve. Non si sono riconosciuti fenomeni di fragilità in nessun caso. *N.*

N. J. Felici — **Recenti sviluppi e tendenze future nei generatori elettrostatici.** (Direct Current, dicembre 1959, pag. 192 a 201, con 7 fig.). *11 f*

L'A. espone dapprima ampie considerazioni generali sui concetti fondamentali relativi ai generatori elettrostatici. Mette in evidenza come l'idrogeno sia l'unico mezzo che permette praticamente correnti rilevanti malgrado la sua limitata rigidità dielettrica. Sono stati fatti tentativi e ricerche per costruire macchine multipolari atte a fornire correnti intense. Finora si sono usate soltanto macchine cilindriche; ciò impone notevoli limitazioni nelle dimensioni, come l'A. dimostra: per una macchina a 3 000 giri/min il massimo diametro adottabile per il rotore è di circa 45 cm; la lunghezza della macchina può invece essere relativamente grande se si adatta un rotore a tamburo. Le macchine bipolari in generale per dare la massima tensione compatibile col loro diametro devono avere rotori tipo a campana, ma le macchine a 4 poli possono esser costruite con rotore a tamburo. L'A. ritiene probabile prevedere macchine con superficie rotorica di 10 000 cm² e potenza unitaria di 2 W/cm², quindi con potenza totale di 20 kW. Macchine di maggiore potenza dovrebbero essere troppo pesanti. Anche per macchine a disco l'A. prevede la possibilità di potenze da 200 kW. Svolge poi considerazioni di confronto fra l'impiego di generatori elettrostatici e quello di raddrizzatori per tensioni di 100 a 200 kV e ritiene che una macchina a tamburo possa reggere al confronto economico quando si tratta di erogare corrente continua dell'ordine di 10 a 20 mA e anche più mettendo più macchine in parallelo. Infine accenna a future possibilità di ulteriori sviluppi ricorrendo a gas elettronegativi o a liquidi polari aventi particolari caratteristiche. *N.*

K. W. Rudy — **Tensioni per riscaldamento che si manifestano nel dielettrico solido di grossi condensatori cilindrici.** (E.T.Z. (A), 6 giugno 1960, pag. 428 a 430). *11 f*

Il dielettrico dei condensatori non è sollecitato solo elettricamente per l'intensità del campo, ma anche meccanicamente per effetto del riscaldamento dovuto alle perdite. L'A. fa uno studio teorico dell'argomento. Ammettendo la simmetria cilindrica dei condensatori considerati, vengono presi in esame i campi termici stazionari di temperatura e i conseguenti campi di tensione meccanica. L'esame analitico si estende ai due casi praticamente più importanti, quelli del raffreddamento esterno ed interno. Con adatti simboli, essi possono essere calcolati insieme. Partendo dal campo di tensione meccanica, tenendo conto della resistenza per trazione del dielettrico, vengono determinati i limiti elettrici di carico. *Tt.*

P. Hochhäusler — **Prolungamento della durata di condensatori per corrente alternata.** (E.T.Z. (B), 13 giugno 1960, pag. 292 a 294, con 3 fig.). *11 f*

Un aumento della durata dei condensatori funzionanti a corrente alternata dipende da una quantità di fattori; particolarmente la resistenza alla scintillazione viene a costituire un limite per l'utilizzazione economica del dielettrico, superato il quale la durata dell'apparecchio risulta diminuita. L'A. tratta delle provvidenze, che si debbono adottare per ottenere un aumento della durata dei condensatori, pur avendosi un elevato sfruttamento del dielettrico, con particolare riferimento alle esigenze economiche. Le più recenti conoscenze relative all'inizio di fenomeni di luminescenza e al limite di scintillazione, col diminuire della tensione, possono dare un'indicazione circa il più conveniente aumento dell'intensità del campo durante l'esercizio del condensatore. *Tt.*

Per il cambio di indirizzo inviare L. 150 unitamente alla fascetta vecchia

ELETTROFISICA E MAGNETOFISICA

W. Hermstein — **Influsso di cariche preliminari sul comportamento alla scarica di dispositivi di isolamento nell'aria.** (E.T.Z. (A), 6 giugno 1960, pag. 413 a 421, con 20 fig.). 14 b

Ricerche su elettrodi sferici hanno portato a nuove conoscenze circa la formazione di scariche nell'aria. Per elettrodi di dispositivi di isolamento con perno di sostegno, si hanno, a seconda della conformazione degli elettrodi, della distanza di scarica, della forma di tensione e della polarità, per un aumento della tensione applicata, fenomeni di scarica molto diversi. L'A. ha fatto ricerche sul loro influsso sulla tensione di scarica, nel caso di corrente continua e di impulsi di tensione e ha confrontato i risultati con le prove effettuate a tensione alternata. Le conclusioni, alle quali è giunto, hanno un valore generale e possono applicarsi per tutti i dispositivi A.T. A tensione continua, il campo elettrostatico fondamentale è costante nel tempo, di guisa che, per formazione di un campo non omogeneo, una scarica, delineatasi nell'ambito di elevate intensità di campo, si può diffondere con difficoltà. In campo debole, si appoggiano numerosi elettroni su particelle neutre e queste sono perdute per la costituzione del canale di scarica. Il fenomeno di luminescenza aumenta la resistenza alla scarica del dispositivo di isolamento. Con elettrodi negativi, la resistenza alla scarica è in generale più elevata. Si ha un meccanismo di scarica diverso e la forma, con cui si manifestano le cariche preliminari negative, è per sé differente. Si ha in complesso un notevole incremento nella resistenza all'alta tensione. Tt.

K. Zander — **Fototransistors e loro impiego nella tecnica dei laminatoi.** (AEG Mitteilungen, gennaio-febbraio 1960, pag. 37 a 41, con 9 fig. ed 1 tab.). 14 c

L'A. descrive il comportamento dei fototransistors e fotodiodi nei dispositivi fotoelettrici di controllo e regolazione, nonché l'impiego che di essi è stato fatto dall'AEG dal 1956 nei laminatoi. Segue quindi un paragone della sensibilità assoluta e relativa di diversi fotoricetivatori, con considerazioni circa la loro dipendenza dalla temperatura nelle diverse possibilità di collegamento. Si accenna alla costruzione delle apparecchiature di controllo e di regolazione e vengono infine riportate notizie e dati raccolti durante l'esperienza pluriennale. A.C.

Wilfried Fritzsche — **Il transistor come interruttore.** (AEG Mitteilungen, gennaio-febbraio 1960, pag. 15 a 18, con 9 fig.). 14 i

Le curve caratteristiche mostrano come i transistori hanno buone proprietà per essere impiegati come interruttori. L'A. inizia illustrando gli schemi base e riportando degli esempi delle varie possibilità di impiego. Fra gli altri tipi, viene menzionato in particolare l'interruttore a transistor TRANSEX. Si accenna inoltre all'impiego di transistori ad interruttore per accoppiamenti lamellari controllati elettromagneticamente. A.C.

K. Meyer - H. Stötzner — **Controlli fotoelettrici ed interruttori a transistor.** (AEG Mitteilungen, gennaio-febbraio 1960, pag. 33 a 37, con 10 fig.). 14 i

Viene descritto dettagliatamente l'impiego di transistori negli amplificatori. Come esempio della serie di amplificatori LR8..., gli AA. mostrano come, attraverso diversi collegamenti degli elementi costitutivi, possano ottenersi nuove possibilità di impiego degli strumenti. Vengono descritti quindi, con abbondanza di particolari, gli amplificatori LR81, LR82, LR83, LR84 ed LR85. A.C.

H. Langheinrich - K. Scharping — **Transistors nei contatori per uso industriale.** (AEG Mitteilungen, gennaio-febbraio 1960, pag. 41 a 48, con 15 fig.). 14 i

Gli AA. iniziano l'articolo descrivendo il principio di funzionamento di una decade del contatore a transistor passando poi ad illustrare le parti minori costitutive del circuito che, con le decade del contatore, sono necessarie per la costruzione di apparecchi contatori completi, nonché il funzionamento di tali dispositivi. L'articolo viene terminato con alcuni esempi relativi al loro impiego. A.C.

W. Fritzsche — **Transistors ad interruttore per il controllo continuo e la regolazione di potenza.** (AEG Mitteilungen, gennaio-febbraio 1960, pag. 49 a 53, con 8 fig.). 14 i

L'articolo inizia con un paragone tra le sollecitazioni cui sono sottoposti gli elementi del circuito nel caso della nota regolazione a Thyatron con alimentazione in tensione alternata, e quelle molto minori dei transistori ad interruttore in esercizio con tensione continua. Viene portato come esempio l'alimentazione di avvolgimenti ed anche di generatori Leonard. Con effettiva limitazione di corrente è possibile pure l'alimentazione diretta del circuito statorico di piccoli motori a corrente continua. A.C.

H. Jürgen Bederke - H. Müller — **Il transistor per mantenere costanti la tensione e la corrente.** (AEG Mitteilungen, gennaio-febbraio 1960, pag. 53 a 57, con 9 fig.). 14 i

Viene illustrato il principio di funzionamento di sorgenti di f.e.m. continua regolate elettronicamente. Le caratteristiche della regolazione vengono inoltre migliorate includendo protezioni contro i corti circuiti e le sovracorrenti che servono per proteggere sia i transistori che gli utenti. Nei casi in cui non sia necessaria un'estrema costanza e stabilità ma vengano richieste soprattutto elevate potenze, sono state sviluppate apparecchiature particolari in cui sono impiegati transistori negli interruttori. Infine si illustrano i notevoli vantaggi dei transistori per mantenere costanti la tensione e la corrente nell'impiego in impianti industriali, nonché esempi tratti dalla tecnica della trazione elettrica. A.C.

ELETTROTECNICA GENERALE

H. Stephanides — **Leggi ed origini delle oscillazioni nei condensatori per scariche d'urto e correnti ad alta frequenza.** (E.u.M., 1° giugno 1960, pag. 253 a 261, con 5 fig. ed 1 tab.). 15 b

Vengono calcolati gli effetti delle oscillazioni che si verificano nei condensatori per scariche ad alta frequenza. Il risultato è una ripartizione irregolare di corrente che causa oscillazioni. Tali oscillazioni proprie possono essere provocate anche da tensioni e correnti di urto. Tutte le formule vengono generalizzate per il calcolo della ripartizione di corrente in condensatori completi, collegati in serie. Si mostra come sia impossibile aggiungere univocamente ad un condensatore un'induttanza. Tuttavia per descrivere in prima approssimazione l'impedenza induttiva di un condensatore in maniera semplice, viene fornito uno speciale parametro che, insieme alla capacità ed alla frequenza propria, determina il comportamento induttivo di un condensatore. A.C.

IMPIANTI

H. Stephenson — **Analisi eventuale per la determinazione delle centrali integrative più adatte per centrali ad acque fluenti.** (O.Z.E., maggio 1960, pag. 215 a 223, con 8 fig.). 20 a

Per Paesi con produzione idroelettrica dovuta specialmente a centrali ad acque fluenti, la costruzione di centrali integrative dipende essenzialmente dall'entità delle oscillazioni nella portata dei corsi d'acqua utilizzati. L'A. si propone di ricercare in modo rigoroso su quante ore di utilizzazione annuale bisogna far conto per tali impianti allo scopo di decidere circa i tipi di centrali integrative da realizzare. Tali ricerche esigono però un'analisi precisa del fabbisogno di energia in modo che, con procedimento semplice e con sufficiente precisione, si possa stabilire con quali deficienze od eccedenze di energia, entro un dato tempo, si possa contare, per effetto di oscillazioni di portata dei corsi d'acqua sfruttati. In base alle curve energetiche dei diagrammi di carico giornalieri da un lato e della portata continuativa dei corsi d'acqua, ad esempio per un mese, dall'altra, si può, per confronto di tali diagrammi per lo stesso periodo di tempo, determinare la somma algebrica delle deficienze ed eccedenze di energia con sufficiente precisione. Un esempio numerico permette di meglio esaminare il problema in concreto. Per la realizzazione di centrali integrative, si possono prendere

in considerazione tipi termici ed idraulici con serbatoi di accumulo annuali. Poichè il limite delle ore di utilizzazione annuali per i due tipi è fra 2 000 e 2 500, si può dire che, al disotto di 2 000 ore, una deficienza giornaliera di energia può essere meglio coperta con centrali ad accumulo. L'analisi del fabbisogno di energia, in base al metodo prescritto, consente anche una ripartizione del fabbisogno secondo le « ore di utilizzazione giornaliera », di guisa che si possono anche facilmente determinare eventuali eccedenze energetiche in « centrali dipendenti ». *Tt.*

W. Bulla — Piccole centrali in reti con brevi interruzioni di funzionamento. (O.Z.E., maggio 1960, pag. 224 a 225, con 2 fig.). **20 a**

Le interruzioni di breve durata, con richiusura automatica, si vanno sempre più estendendo per eliminare corti circuiti transitori: si hanno però difficoltà con questo procedimento, quando nella rete si trovano piccole centrali, che, in caso di corto circuito, durante il breve intervallo, in cui non fluisce corrente, sono in grado di mantenere l'arco, ma sono troppo deboli per effettuare il distacco dalla rete per mezzo di relè a distanza. Tali relè non sono poi efficaci, quando l'accoppiamento alla rete si effettua per mezzo di un grande trasformatore. L'A. esamina quando una piccola centrale sia in grado di mantenere l'arco di corto circuito e mostra che ciò dipende anche dal carico momentaneo. L'esposizione è confermata da un esempio numerico. Risulta che la sorveglianza della tensione della rete di alimentazione fornisce un criterio sufficiente per il distacco rapido del generatore. Viene indicata l'apparecchiatura, che si limita a tre relè di tensione di ritorno a scatto rapido, posti sulla rete A.T. attraverso riduttori di tensione. Vengono descritti anche alcuni casi di scatti errati, che però non ostacolano il risultato dell'interruzione breve. *Tt.*

E. Königshofer — Determinazione delle caratteristiche di una centrale di punta ad integrazione di centrali ad acque fluenti già esistenti. (A.S.E., 4 giugno 1960, pag. 770 a 771, con 3 fig.). **20 a**

Vengono esaminate le esigenze, cui deve soddisfare il tipo di centrale considerata, mediante confronto della curva di consumo potenza-energia da un lato e della curva monotona delle portate idrauliche dall'altro. La prima illustra la relazione tra i bisogni di potenza e di energia; in un diagramma, riprodotto nell'articolo, si prende in considerazione la richiesta di potenza costante, nelle 24 ore, di 730 MW, cui corrisponde un'energia costante giornaliera di 17,5 milioni di kWh. A partire da tale valore, la relazione tra potenza ed energia cessa di essere lineare. Viene indicata anche la curva monotona delle portate idrauliche, dedotta dalla curva cronologica delle portate quotidiane. Dal confronto delle due curve si rilevano le quantità d'energia mancanti, donde si deducono le condizioni di utilizzazione « optimum » delle piccole centrali ad accumulo. In un altro esempio i bisogni giornalieri d'energia vengono suddivisi in una parte costante e in un'altra variabile: questa a sua volta può essere suddivisa in più gruppi, corrispondenti ad una durata di utilizzazione determinata. Stadi di questo genere consentono ai Paesi, che hanno grande disponibilità di energia, prodotta in centrali ad acque fluenti, di stabilire anche opportunamente la migliore utilizzazione delle eccedenze di energia mediante alimentazione di utenze con caratteristiche di carico particolari nonchè mediante esportazione o impiego per pompaggio d'accumulo. *Tt.*

A. Klötzer - G. Männel — Comandi a corrente debole per quadri di centrali e stazioni di trasformazione. (Elektrie, giugno 1960, pag. 227 a 232, con 4 fig.). **20 e**

Col continuo ampliamento delle reti di distribuzione e dei relativi quadri, si manifesta una difficoltà di visibilità nei locali riservati al comando e si è notata perciò la necessità di addivenire ad una concentrazione degli organi di comando e sorveglianza. Si cerca anche di estendere le possibilità di prove e controllo dei mezzi ausiliari necessari al comando e alla sorveglianza e si mira ad avere la possibilità di stabilire rapidamente il genere e la località di un guasto in caso di disturbi. Il problema può essere risolto ricorrendo all'uso di correnti deboli su quadri di dimensioni ridotte, come illustrato dagli AA. nell'articolo, pur raggiungendosi la stessa sicurezza d'esercizio come nei soliti quadri con comandi a correnti forti: nello stesso tempo si possono impiegare elementi unificati dei servizi di telecomunicazioni. Si ha inoltre una sensibile riduzione nei costi di impianto, che può rag-

giungere anche il 60 %. Quadri di questo genere sono specialmente adatti per impianti di media importanza. *Tt.*

H. Petzold — Progettazione costruttiva di stazioni di trasformazione 380/220 kV. (Elektrie, giugno 1960, pag. 218 a 222, con 5 fig.). **20 i**

Anche nella Germania Orientale sono in costruzione linee a 380 kV e perciò si stanno facendo ricerche sulla più conveniente costruzione delle stazioni di trasformazione 380/220 kV. I risultati sono esposti nell'articolo in base ad un esempio, in cui è previsto l'impiego di tre unità trasformatrici mobili monofasi da 210 MVA ciascuna, connesse a costituire un gruppo trifase da 630 MVA, 380/220 kV, con incorporato trasformatore sul lato a 220 kV per regolazione a gradini della tensione. Inoltre è previsto anche l'impiego di un'unità trifase da 125 MVA, 220/110 kV con regolazione della tensione nel centro-stella dal lato 220 kV. Viene indicato lo schema di connessione e viene discussa la disposizione generale della stazione. Viene poi anche trattato dei criteri di costruzione dei quadri a 380 e 220 kV. Viene infine accennato alle distanze fra le fasi e alla suddivisione dei pannelli. *Tt.*

E. Baer - G. Riesch — Energia nucleare e costruzione dei reattori. (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 477 a 482, con 8 fig.). **20 n**

Non si hanno grandi novità nel campo dell'energia nucleare. Si sta eseguendo in Germania una centrale nucleare a titolo sperimentale, nelle vicinanze di Jülich, per conto del Centro di ricerche della regione Reno Settentrionale-Vestfalia. L'edificio del reattore, per ragioni di sicurezza, viene costruito separatamente dalle altre parti della centrale. Il reattore è racchiuso in una protezione in acciaio, che a sua volta è circondata da un muro di calcestruzzo, della grossezza di 1,5 m. La centrale avrà una potenza di 15 MW. Come mezzo di raffreddamento verrà impiegato elio od una miscela di elio e neon, che entra a 200 °C per uscirne a 850 °C: tale mezzo determina poi l'ebollizione dell'acqua nelle caldaie a 75 atm. e ad una temperatura di 505 °C. In Germania si è ora determinato un orientamento decisivo per l'allestimento di parti destinate a reattori atomici. Così si nota la produzione di grafite per reattori, di recipienti a pressione e condutture dei mezzi di raffreddamento nonchè di strumenti di misura speciali, richiesti in questi impianti e nei relativi laboratori. *Tt.*

M. Eisenberg — Sorgenti di energia ausiliarie elettrochimiche per missili e voli spaziali. (Elec. Eng., gennaio 1960, pag. 58 a 63, con 6 fig.). **20 v**

Per i missili si usano quasi esclusivamente pile ad alto regime di scarica, mentre per i satelliti sono prese in grande considerazione le pile a combustione. La durata media di una pila in un missile è di pochi minuti; si richiede quindi un elevato regime di scarica e un peso ridotto per unità di energia sviluppata. Le pile per i missili hanno caratteristiche peculiari: ambienti elettrochimici molto attivi, elementi molto sottili ecc. Si è molto studiato il sistema argento-zinco che può dare comunemente da 60 a 80 Wh per kg di peso e può essere spinta a oltre 150 Wh/kg. Queste batterie hanno però brevissima durata, una volta attivate; perciò nei missili si fa uso generalmente di dispositivi che attivano la batteria pochi secondi prima del lancio. Molte ricerche sono ancora necessarie in questo campo per raggiungere i requisiti desiderabili, che l'A. espone. Le pile a combustione hanno ottenuto grande interesse con l'avvento dei satelliti e della navigazione spaziale. Il tipo a idrogeno-ossigeno ha molti pregi ma alcuni gravi inconvenienti. Per superarli è stata costruita una nuova pila che fa uso di combustibile liquido, chiamata pila di Lockheed; essa può dare da 400 a 700 Wh/kg di peso e funziona a temperatura ambiente: un tipo da 640 Wh/kg per un sistema da 250 W può funzionare per 100 giorni. Gli accumulatori hanno scarse applicazioni: tipica quella in collegamento con pile solari disposte all'esterno del satellite. Con un rendimento di 6 a 10 % (rispetto all'energia solare incidente) le pile solari possono dare circa 80 W per m² di collettore esposto al sole; possono essere usate per caricare una batteria che alimenti apparecchiature elettroniche di bordo. Si calcola che per un impianto di 200 W occorrono circa 10 m² di pile solari e questo impianto, insieme alla batteria, peserebbe circa 0,8 kg per W. Particolarmente adatti si presentano gli accumulatori al nichel-cadmio, per la sicurezza e per la capacità di funzionare entro larghissimi margini di variazione della temperatura. *N.*

INSEGNAMENTO, ISTITUTI, SCUOLE, LABORATORI

J. P. Bohnenblust — **Il nuovo laboratorio centrale Brown Boveri.** (Revue Brown Boveri, Tomo 45, n. 11-12, da pag. 501 a 517, con 30 fig.). 23

L'edificio copre una superficie di 61,2 per 16,1 m ed ha cinque piani, un pianterreno e due interrati. Gli interrati, il pianterreno, il secondo, terzo, quarto piano hanno ciascuno una superficie interna lorda di circa 1 000 m². Il primo piano di 830 m² ed il quinto di 530 m², equivalenti ad un totale di 7 360 m² di superficie per tutto l'edificio. Nel secondo interrato si trovano sale per gli esperimenti di lunga durata, diversi locali per esperimenti speciali e degli ausiliari di ogni specie. Il personale non ci si trattiene in permanenza. La grande sala per le prove di scorrimento presenta 41 forni nei quali si possono disporre fino a 360 provette che servono per studiare il comportamento a caldo dei metalli. La regolazione della temperatura per i forni richiede di mantenere costante quella della sala, a circa 1 grado. Un locale è riservato alle prove di vibrazioni meccaniche su apparecchi elettrivi. Vi si trova, tra l'altro, una macchina per esperimenti di resistenza agli urti. Da ricordare l'apparecchio di estrazione del gas a caldo di Feichtinger che serve a determinare il tenore in gas dei metalli. Il primo interrato è soprattutto riservato ai locali di esperimenti che devono essere fatti all'oscuro o che hanno bisogno di illuminazione attenuata. Esso comprende anche il laboratorio per la soffiatura del vetro, sale per i servizi ausiliari e dei magazzini di cui uno frigorifero. Un gruppo di locali è riservato a quello che si chiama la « Struttura I »; in esso si fanno gli studi sulla struttura della materia. Vi si trova un diffrattografo elettronico a catodo freddo d'Induni e che funziona con una tensione di accelerazione da 20 a 50 kV; un generatore di raggi X a semionda; un microscopio elettronico Siemens, Elmiscope I, che ha un potere risolutivo di 10 Å ed un ingrandimento elettro-ottico di 160 000/1. Nel locale d'analisi e di misura è, tra l'altro, installato un microfotometro Knorr-Albers con un registratore Speedomax. Ci sono altri apparecchi per gli esami allo spettrografo: uno spettrografo a prismi di Hilger — apparecchio di grande dispersione con ottica di vetro o di quarzo intercambiabile — ed un generatore d'arco e di scintille. Il pianterreno comprende, tra l'altro, locali per esperimenti per raggi X e per ultrasuoni e la sala di prove meccaniche di resistenza di materiali. La sala per la taratura degli apparecchi elettrici di misura si trova proprio al di sotto della sala degli accumulatori, dimodochè i conduttori di corrente continua a bassa tensione per le correnti di grande intensità sono molto corti. Il primo piano ospita i laboratori della sezione di metallurgia e di meccanica e i locali per gli esperimenti su materiali del laboratorio di fisica. Al secondo piano si trovano i principali laboratori della sezione di fisica. Al terzo piano sono raccolti i laboratori di chimica principalmente riguardanti la chimica organica e la tecnologia. Il quarto piano è dedicato soprattutto ai laboratori di chimica fisica e minerale. Il laboratorio degli isotopi è inteso a utilizzare le numerose possibilità che offrono, per numerose ricerche, gli isotopi radioattivi. Il quinto piano non presenta laboratori propriamente detti. Ri.

W. Deck — **Attività del Laboratorio di fisica e mezzi di cui dispone.** (Revue Brown Boveri, Tomo 45, n. 11-12, pag. 518 a 525, con 8 fig.). 23

La messa a punto dei nuovi tipi di macchine e di apparecchi, il miglioramento dei modelli esistenti, unitamente ai differenti processi di fabbricazione pongono numerosi problemi di fisica e di chimica-fisica. Un altro grande campo d'attività del laboratorio di fisica è il controllo dei materiali nel senso più completo della parola. Un altro compito consiste nel seguire costantemente i progressi scientifici realizzati dalla fisica per metterli al servizio della tecnica. Il laboratorio di misura dispone di forni e di bagni a temperatura costante, forni ad aria, criostati, termometri normali e strumenti di precisione calibrati per verificare con grande precisione tutti gli apparecchi di misura della temperatura. Un forno ad atmosfera protettiva permette ricotture nell'idrogeno fino a temperature di 1 300÷1 400 °C. Un indicatore di risonanza permette di misurare, con l'aiuto degli ultrasuoni, lo spessore di pareti tra 0,75 e 150 mm, anche quando non sono accessibili

che da un lato solo. Nel laboratorio di tecnica generale si trovano, tra l'altro, una installazione per il deposito di differenti strati con evaporazione sotto vuoto. Ci sono locali speciali per la preparazione e la misurazione degli isotopi. Il laboratorio di elettronica, di recente creazione, dispone di tutto il necessario per mettere a punto, costruire e riparare le apparecchiature di misura e di controllo elettronico delle differenti sezioni. Tra le sezioni speciali bisogna ricordare il laboratorio dei semiconduttori che si distingue per una attrezzatura particolarmente notevole. Il nuovo edificio riserva locali particolari per i lavori di campionamento e di controllo. Sebbene i laboratori di fisica siano ben attrezzati, tuttavia spesso una stretta collaborazione con il laboratorio di chimica e di metallurgia risulta molto utile. Sono a disposizione, tra l'altro, anche apparecchi per l'analisi con i raggi X, per l'analisi spettrale, per il rilievo dei difetti con gli ultrasuoni, con raggi X o con gli isotopi. Un diffrattografo elettronico per l'esame degli strati superficiali, un microscopio elettronico, un forno di fusione sotto vuoto ed altri dispositivi completano le installazioni. Ri.

MATERIALI

V. Delevoy - F. Cassalette - A. Guillaume — **Le resine epoxidi nella apparecchiatura ad alta tensione.** (ACEC, 1960, n. 1, pag. 21 a 28, con 16 fig.). 26 f

Gli AA. si occupano in particolare delle resine epoxidi colabili termoidurenti; esse sono sufficientemente fluide per poter venire colate in forme e non possono più venir fuse col riscaldamento una volta che si sono polimerizzate. Nel loro impiego si aggiungono generalmente delle cariche, per esempio di quarzo, e si possono anche facilmente colorare. Gli AA. confrontano in una tabella le caratteristiche di queste resine con quelle delle porcellane. Per mostrarne le varie applicazioni gli AA. fanno riferimento particolare a 3 apparecchi. Il primo è un coltello per interruzione sotto carico; il secondo è un interruttore a soffio magnetico; il terzo un interruttore a piccolo volume d'olio per alte tensioni di tipo all'aperto. Dalle descrizioni di questi apparecchi risulta che le resine epoxidiche permettono di migliorare la qualità e la sicurezza; di migliorare il comportamento degli apparecchi; di ridurre l'ingombro e di ottenere forme più estetiche; di ridurre il numero dei pezzi costituenti un apparecchio e quindi di facilitare la manutenzione. L'impiego di queste resine per pezzi da installare all'interno non offre più difficoltà. Non altrettanto si può dire per pezzi da installare all'aperto soprattutto in presenza di atmosfere contenenti molte polveri, vapori acidi ecc. Gli AA. riferiscono su osservazioni eseguite su alcuni apparecchi installati all'aperto e sulle conseguenze che se ne possono dedurre riguardo al loro comportamento pratico e alla manutenzione che richiedono. Eventuali scariche arboreescenti non sembrano produrre deterioramenti permanenti né ridurre il valore della scarica di contornamento. La pulitura dalla polvere sembra avere importanza e così pure la forma del pezzo; si possono, più facilmente che con la porcellana, realizzare forme particolarmente favorevoli nei confronti delle proprietà elettriche. N.

MECCANICA

J. Vogts — **Un nuovo compressore assiale con un ampio campo di lavoro.** (AEG Mitteilungen, marzo-aprile 1960, pag. 108 a 111, con 7 fig.). 27

Il compressore assiale, che per la sua caratteristica pressione-volume risulta compreso tra il compressore radiale e quello alternativo, può allargare notevolmente il suo campo di lavoro per mezzo di apparecchiature di regolazione semplici ed eleganti. Con tali apparecchiature il compressore assiale riunisce in sé in gran parte i vantaggi sia del compressore radiale sia di quello alternativo, senza avere gli svantaggi di ambedue. In questo modo è stato possibile estendere in maniera considerevole l'impiego del compressore assiale nell'industria. Vengono infine descritte le sue caratteristiche costruttive e il suo modo di funzionamento. A.C.

MISURE

H. Fricke — **Misura, indipendente dalla frequenza, di quozienti complessi, per mezzo della bussola.** (E.T.Z. (A), 6 giugno 1960, pag. 422 a 427, con 15 fig.). 28 a

La determinazione di quozienti complessi di correnti e tensioni, in grandezza e direzione, si presenta sempre più spesso come problema di misura. Per la sua soluzione, si può far ricorso alla bussola, come indicato dall'A. Invero il campo risultante in una bussola dipende dal rapporto di ampiezza e dalla differenza di fase delle correnti o tensioni adottate al sistema di eccitazione. Si può perciò misurare il quoziente complesso di due grandezze di misura, indipendentemente dalla frequenza, per mezzo di una bussola, in base alla dipendenza spaziale dall'andamento del campo della tensione d'uscita delle bobine di ricerca. Secondo il calcolo del campo risultante della bussola, viene indicato un diagramma di lavoro, per la lettura diretta dal quoziente complesso, in base alla situazione e ampiezza del minimo di tale tensione d'uscita. Si può anche procedere ad una misura separata dell'entità e fase del quoziente. Da misure effettuate con questo processo, che possono essere usate anche con campi non omogenei, è risultato che la bussola può essere usata per il suddetto scopo tanto per bassa frequenza quanto per onde ultra-corte, sempre per la determinazione di quozienti complessi. Tt.

L. F. Roehmann — **Caratteristiche di un ponte di misura percorso da armoniche.** (E.T.Z. (A), 6 giugno 1960, pag. 434 a 436, con 4 fig.). 28 c

L'A. mostra che le caratteristiche di un ponte di misura per scopi tecnici, nel caso di armoniche, devono essere dedotte in base al processo del calcolo applicato a un dispositivo a ponte, costituito da una preresistenza ohmica, da due resistenze ohmiche fisse, da due schemi in serie, sintonizzati a 50 Hz, e dalla resistenza diagonale del ponte. L'espressione della corrente alternata, determinata in base al calcolo indicatore nel ramo diagonale del ponte, viene decomposta in una componente reale costante e in una complessa variabile. Quest'ultima viene impiegata come elemento correttivo. Per le caratteristiche del ponte considerato, con determinati valori del ponte, l'A. ricerca gli errori, in grandezza e direzione, in dipendenza dalla frequenza. Tt.

O. Dahle — **Il « torductor » ad anello - Un misuratore di coppia senza anelli scorrevoli per misure e regolazioni industriali.** (Asea, 1960, n. 3, pag. 23 a 32, con 19 fig.). 28 e

In molte industrie si ha bisogno di un dispositivo per misurare coppie torcenti su alberi anche di grande diametro o per protezione contro sovraccarichi o per mantenere costante la coppia ecc. L'A. ricorda tipi di torsionometri finora usati praticamente e ne mette in evidenza alcuni svantaggi. Passa poi a descrivere un nuovo dispositivo che viene chiamato « torductor ». Esso si basa sul principio che la permeabilità di un albero di acciaio aumenta in una direzione a 45° e diminuisce nell'altra direzione in proporzione alla coppia applicata. Un primo tipo di torductor, detto a croce, consiste in due nuclei laminati, di forma ad U, avvolti, e montati perpendicolarmente fra loro in una testa di misura che viene posta adiacente all'albero con un nucleo parallelo all'asse di esso e un traferro di pochi millimetri fra l'albero e le teste dei due nuclei. Uno di questi, alimentato con corrente alternata induce alla superficie dell'albero un campo magnetico che, in caso di isotropia, è simmetrico; ma se interviene una torsione il campo si deforma e viene generata una forza elettromotrice nell'avvolgimento dell'altro nucleo ad U. L'A. descrive e discute il funzionamento di questo dispositivo e successivamente descrive una più recente realizzazione detta torductor ad anello. Esso consiste in 3 anelli identici portanti poli in numero multiplo di 4, avvolti alternativamente in senso inverso. L'anello mediano è spostato di mezzo passo polare rispetto agli altri due e la distanza fra gli anelli è di circa mezzo passo polare. L'anello mediano è alimentato a corrente alternata industriale. Ad albero non eccitato non si manifesta forza elettromotrice nei due anelli esterni, connessi fra loro in serie e in opposizione; ma se avviene una torsione si produce uno squilibrio e si manifesta una forza elettromotrice indotta da cui si può risalire al valore della coppia applicata. N.

F. Brischnik — **Comparatore elettronico di misura senza contatto.** (Revue Brown Boveri, Tomo 45, n. 11-12, pag. 529 a 532, con 5 fig.). 28 f

Il dispositivo descritto ha per scopo principale di misurare le variazioni della distanza che separa una sonda fissa ed una parte di una macchina rotativa. Comprende i seguenti apparecchi montati su un carrello: 1) il comparatore propriamente detto con la sonda di misura; 2) il dispositivo di sincronizzazione che consiste in una cellula fotoelettrica ed in una sorgente luminosa; 3) il sistema di esplorazione orizzontale; 4) l'oscillografo catodico. Secondo il principio della misurazione senza contatto, le variazioni di distanza tra la superficie controllata e la sonda fissa vengono tradotte in variazioni della capacità del condensatore formato da questa superficie e dalla sonda. La sonda di misura è costituita da un pezzo metallico modellato in conformità al particolare uso al quale è destinato; è montato su un supporto nel quale lo si può spostare mediante una vite micrometrica. Il supporto è in generale unito allo statore della macchina. La vite micrometrica permette di stabilire molto esattamente la distanza. La capacità variabile costituisce uno dei bracci di un ponte di misura alimentato a corrente ad alta frequenza. La tensione che appare in caso di squilibrio nel braccio che contiene l'apparecchio di misura, è ampliata ed applicata alle placche di deviazione verticale dell'oscillografo catodico. Lo spostamento orizzontale è provocato da una tensione proporzionale alla lunghezza periferica della superficie esaminata. Il montaggio si effettua quando la macchina è ferma. Si provoca uno squilibrio determinato mediante il micrometro e la amplificazione della tensione è regolata in maniera di ottenere una certa deviazione del fascio catodico. Se le variazioni della distanza sono deboli, le deviazioni sono sensibilmente proporzionali. La principale futura applicazione dell'apparecchio è il controllo senza contatto della rotondità delle parti delle macchine rotative, specialmente dei collettori dei motori elettrici. Un'altra applicazione riguarda l'esame delle deformazioni meccaniche prodotte dalle forze centrifughe. Ricorderemo anche un metodo di misura che mostra la diversità delle future applicazioni dell'apparecchio: riguarda l'esame dei fenomeni di commutazione nelle macchine a corrente continua, che non sono stati finora completamente chiariti. Ri.

MOTORI PRIMI

J. Vogts — **Una nova turbina a vapore AEG a contro-pressione.** (AEG Mitteilungen, marzo-aprile 1960, pag. 105 a 108, con 3 fig. e 1 tab.). 30 d

La nuova turbina a vapore AEG a contro-pressione è una macchina che, pur presentando un elevato numero di giri e di conseguenza piccole dimensioni, ha un forte rendimento interno. I tipi oggi disponibili coprono un vasto intervallo di potenze. La turbina viene montata con l'apparato motore e tutti gli elementi ausiliari, direttamente sul terreno di lavoro, e lascia la fabbrica sotto forma di veicolo pronto per il trasporto, ciò che comporta elevate condizioni di sicurezza. Nel presente articolo vengono inoltre descritte brevemente le considerazioni, sia tecniche che costruttive, che hanno condotto a tali nuovi tipi di turbine. A.C.

RADIOTECNICA

La stazione radiotrasmittente di Bisamberg. (E.U.M., maggio 1960). 34 c

Questo numero è dedicato interamente alla nuova stazione trasmittente di Bisamberg nei pressi di Vienna. Essa viene descritta in tutte le sue caratteristiche dai seguenti Autori: W. Füchsl: Finalità e raggio d'azione della stazione. G. Caspar: Compiti di una stazione trasmittente nelle vicinanze di una città come Vienna. J. Burgstaller: La stazione di Bisamberg nel quadro del programma nazionale. H. Kikinger: Alimentazione dei servizi della stazione. R. Kayser: Equipaggiamento elettrico dell'apparato trasmittente. H. Kikinger: Fornitura dell'energia per la stazione. G. Klement: Apparat di regolazione. L. Jelinek: Dispositivi di misura e di controllo. E. Mühlberg: Lavori edili. E. Melan: Antenne. E. Heyna: Impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento della stazione. A.C.

STATISTICA

F. Hintermayer — La ripartizione del carico in Austria nel 1959. (O.Z.E., maggio 1960, pag. 201 a 208, con 3 fig.). 36

Lo sfruttamento delle forze idrauliche è stato favorevole in Austria nei primi tre trimestri del 1959; nell'ultimo trimestre invece la disponibilità delle acque fu sensibilmente al disotto della media. La trasmissione di energia nella rete interconnessa, escluso il Vorarlberg, fu nel 1959 in Austria di 11,2 miliardi di kWh, cioè del 12,3 % in più dell'anno precedente: la produzione idraulica fu di 8,5 miliardi di kWh, del 7 % superiore al 1958. Il massimo carico si ebbe il mercoledì, 16 dicembre 1959, alle 8 del mattino con una punta di 1596 MW, del 9,5 % superiore a quella dell'anno precedente. Essa fu coperta per il 25,4 % con centrali ad acque fluenti, per il 30,4 % con centrali ad accumulo e per il 44,2 % con centrali termiche. La rete interconnessa ebbe un incremento di potenza installata di 108 MW, il che consentì una maggior produzione di 945 milioni di kWh. L'energia complessiva prodotta in Austria è stata nel 1959 di 14,8 miliardi di kWh: ne furono inoltre importati 546 milioni e ne furono esportati 2,48 milioni. Circa il consumo, la quota maggiore è stata assorbita dall'industria; per le abitazioni l'assorbimento è stato solo del 10 %. Sono ora in costruzione per la rete di interconnessione centrali ad acque fluenti per 462 MW, centrali con serbatoi per 173 MW e centrali termiche per 205 MW. Per le altre imprese elettriche le costruzioni in corso sono rispettivamente di 44 MW, 268 MW (per l'impianto della TIWAG nel Hainertal), e di 291 MW.

Tt.

V. Graber — Situazione e prospettive dell'industria elettrica in Australia e nella Nuova Zelanda. (O.Z.E., maggio 1960, pag. 225 a 226). 36

In Australia l'82 % della produzione di energia elettrica è dovuta a centrali termiche, che impiegano carbon fossile della Nuova Galles del Sud o lignite dello Stato del Vittoria: solo in Tasmania la produzione è praticamente del tutto idraulica. Le centrali sono di proprietà dello Stato. La potenza installata complessiva è di 4 600 MW; il consumo annuo per abitante è di 1 540 kWh. La maggior potenza installata si ha nella Nuova Galles del Sud con 1 715 MW, di cui il 96 % termica: la rete di trasmissione è a 330 kV; è in costruzione una grande centrale termica da 200 MW, che entrerà in funzione nel 1963. Nello Stato del Vittoria la potenza installata è di 1 124 MW, di cui il 90 % termici: qui si hanno i più grandi giacimenti del mondo di lignite, situati nella Valle Latrobe. Nei pressi delle miniere a cielo aperto di Marwell è in costruzione una grande centrale termica da 1 200 MW, equipaggiata con 6 gruppi da 200 MW ciascuno, che entrerà in funzione nel 1964. Inoltre sul fiume Kiewa sono in costruzione tre centrali idroelettriche per complessivi 184 MW. Nel Queensland sono installati complessivamente 559 MW di cui il 93 % termici: il combustibile impiegato è esclusivamente carbon fossile. Nell'Australia del Sud si ha una produzione soltanto termica con 375 MW installati: ivi è inoltre in costruzione la grande centrale « Osborne » da 330 MW con 5 caldaie all'aperto: l'energia verrà trasmessa ad Adelaide con una linea a 275 kV. I forti giacimenti di uranio di Rodium Hill verranno utilizzati in avvenire in centrali nucleari. Anche nell'Australia dell'Ovest si ha quasi esclusivamente produzione termica con 261 MW installati. In Tasmania la potenza installata è di 486 MW: le forze idrauliche disponibili in tale isola corrispondono ad una potenza di 2 400 MW con 4 400 ore di utilizzazione: dato il costo basso dell'energia in tale isola, il consumo annuo per abitante è di 6 000 kWh. È in costruzione la centrale in caverna di Great Lake per 300 MW. Anche nella Nuova Zelanda la produzione di energia elettrica è riservata allo Stato: vi sono 23 centrali per complessivi 1 280 MW, di cui i due terzi nella parte settentrionale; il 90 % della produzione è idraulica. Le linee di trasmissione a 220 kV hanno una lunghezza di quasi 2 000 km. Il problema principale della Nuova Zelanda consiste nel fatto che le maggiori forze idrauliche disponibili sono nel Sud, mentre il maggior consumo si ha nel Nord: si tende a risolverlo in tre modi: a) con centrali termiche e geotermiche nel Nord; b) con sviluppo ulteriore di centrali idroelettriche nel Sud e trasporto dell'energia nel Nord con cavi sottomarini; c) col trasferimento nel Sud delle industrie a forte consumo di energia. È prevista entro il 1965 la costruzione di nuove centrali per il 65 % della potenza installata attuale,

che ammonta a 1 360 MW. Nella Nuova Zelanda circa il 60 % dell'energia utilizzata viene assorbito dalle abitazioni: il consumo per abitante è di 2 080 kWh all'anno. Tt.

V. Graber — Problemi della produzione energetica canadese. (O.Z.E., maggio 1960, pag. 226 a 227). 36

Nell'ultimo decennio si è dato in Canada forte sviluppo all'estrazione di nafta e gas naturale, con la costruzione di lunghe tubazioni nell'interno del Paese, e ciò per superare la difficoltà, che i relativi giacimenti sono nel Nord del Paese, assai meno popolata, nello Stato di Alberta. La produzione di energia elettrica è cresciuta in questi ultimi anni dell'8,5 % circa all'anno, il che corrisponde ad un raddoppio del consumo in circa 8 anni e mezzo: il 98 % dell'energia prodotta è di origine idraulica. Con gli USA è stato concordato lo sfruttamento in comune delle forze idrauliche del fiume Columbia: per la partecipazione canadese è in progetto l'installazione di ben 5 000 MW. Negli Stati di Ontario, Nova Scozia e Alberta gli sfruttamenti idraulici sono quasi esauriti e perciò ivi si è passati ora alla costruzione di centrali termiche utilizzando carbon fossile. Gli Stati di Manitoba e Saskatchewan dispongono di forti riserve di lignite: da poco è stata messa in esercizio la centrale a lignite di Boundary Dam presso Estevan per 132 MW. Lo sviluppo di centrali nucleari non è per ora previsto, malgrado il Canada disponga di importanti giacimenti di uranio; l'industria relativa di estrazione nel 1962 potrà trovarsi in crisi, perché in tale anno vengono a scadere gli attuali accordi di esportazione negli USA e allora potrà aumentare l'interesse per le centrali nucleari. Tt.

TARIFFICAZIONE E VENDITA

H. Michel — Il fattore di potenza nella formazione dei prezzi dell'energia elettrica. (O.Z.E., maggio 1960, pag. 208 a 215, con 5 fig.). 37

Solo dal 1920 si è cominciato a stabilire tariffe dell'energia elettrica con componenti distinte per la potenza prelevata e l'energia consumata: dalla stessa epoca si notano i primi tentativi per determinare l'influsso del fattore di potenza e per introdurre anche questo elemento nella formazione delle tariffe. L'A. nel suo studio prescinde dalla formazione di tariffe di carattere generale per distribuzione a bassa tensione, in quanto in esse non c'è modo di tener conto dell'influsso del fattore di potenza. Diversa invece è la situazione per le tariffe per usi particolari: a questo scopo bisogna prima fissare tariffe base, senza tener conto del fattore di potenza, secondo costi fissi e variabili. Considerazioni speciali devono essere adottate per utenti con scarsa durata annua di utilizzazione, il cui limite è fissato in 2 500 ore. Per il fattore di potenza, si deve tener conto approssimativamente del maggior costo dell'energia provocato da un basso cos ϕ . L'A. si attiene al criterio di partire dalla fatturazione della potenza apparente, il che ha come premessa la formazione di una tariffa basata sulla potenza prelevata: per le tariffe fondate sull'energia, questo può essere solo un punto di partenza. Viene esposta un'equazione semplificata per ottenere il prezzo complessivo per kWh in funzione di un fattore di potenza medio mensile. Viene esposto anche il criterio da seguire per il caso di tariffe basate sull'energia. Viene data poi una rappresentazione grafica per tener conto del fattore di potenza nella formazione delle tariffe. Due esempi illustrano i due diversi tipi di tariffe. Tt.

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE

H. Rensch — Il contatto « Herkon » a chiusura ermetica. (E.T.Z. (B), 13 giugno 1960, pag. 295 a 297, con 4 fig.). 38 b

Nel campo delle telecomunicazioni si va sempre più estendendo l'impiego di relè con estrema prontezza di funzionamento ed elevati valori di azionamento, pur con minime potenze di inserzione e disinserzione. Il relè « Herkon » (contatto ermetico) fu realizzato in America dalla Bell sino dal 1936 e viene oggi prodotto in quantitativi di diversi milioni di pezzi all'anno: esso ora si va diffondendo anche in Europa. I contatti sono costituiti da due linguette, suscettibili

di magnetizzazione, racchiuse in un tubetto di vetro, alle cui estremità sono incorporate per fusione: qui il percorso elettrico e quello magnetico sono identici, di guisa che non è necessario un elemento meccanico intermedio, come nella maggior parte dei relè. Se l'Herkon viene posto in un campo magnetico sufficientemente intenso, le due linguette fanno contatto. Il tubo di vetro, che racchiude i contatti, li sottrae alla polvere, all'umidità, all'azione di gas corrosivi ecc. Inoltre il tubo è ripieno di gas neutro, che esercita un'azione protettiva sui contatti. Si ha poi il vantaggio che in tal modo l'aggiustamento del relè non può più essere soggetto a variazioni per effetto di azioni esterne esercitate inavvertitamente. La potenza richiesta per il campo magnetico di eccitazione è molto piccola. I contatti possono così effettuare assai numerose operazioni di inserzione e disinserione, dell'ordine di centinaia di milioni. *Tt.*

J. L. Robb - W. L. Roberts — Progetto e fabbricazione di conduttori telefonici da interrare. (Elec. Eng., dicembre 1959, pag. 1178 a 1182, con 5 fig.). **38 c**

L'impiego di linee telefoniche aeree è costoso di impianto e di manutenzione e dà luogo a facili interruzioni di servizio. Si è perciò cercato di realizzare tipi di conduttori per tale servizio atti a essere installati direttamente sotto terra. Gli AA. descrivono un tipo di conduttori di questo genere che è anche conveniente sotto l'aspetto economico. La adozione di una sezione ovale piatta offre il modo di ridurre al minimo la quantità di isolante necessaria per ottenere il voluto valore di capacità mutua fra i due conduttori della coppia ma in considerazione del fatto che sopra l'isolante deve essere applicata una armatura con nastro di acciaio si è dovuto adottare una sezione un poco più arrotondata. Gli AA. riportano le formule per il calcolo della capacità mutua di un tale complesso e ne fanno una applicazione numerica per stabilire il distanziamento opportuno da dare ai due conduttori. Per ridurre l'effetto dei disturbi provenienti dalle linee aeree connesse a questi conduttori interrati è necessario che siano mantenuti entro piccoli limiti gli squilibri di capacità rispetto all'armatura e della resistenza dei conduttori. Con l'isolamento in politene estruso si possono raggiungere squilibri massimi di $750 \mu\text{F}$ per 300 m di conduttore; il massimo squilibrio di resistenza dei conduttori è dell'ordine di $1,5 \Omega$ per 300 m di conduttura. Per la protezione dell'armatura di acciaio si provvede a ricoprire questa con una guaina termoplastica e sopra di essa si pone ancora uno strato di cloruro di polivinile. Gli AA. forniscono notizie sulla tecnologia della costruzione del conduttore qui descritto. Attualmente ne sono stati messi in opera oltre 1 500 km e i risultati si sono dimostrati soddisfacenti. *N.*

TRASFORMATORI

A. Frank - A. Kaltoven — Trasformatori e riduttori. (E.T.Z. (A), 20 giugno 1960, pag. 449 a 453, con 17 fig.). **39 a**

Si sono costruite unità per tensioni elevatissime sino a 525/115 kV e per potenze sino a 200 MVA per un rapporto $245 (1 \pm 0,11)$ kV. Per i trasformatori di distribuzione, si nota la tendenza a ridurre sempre più le perdite a vuoto grazie all'impiego di lamierini laminati a freddo. Per i riduttori, per i tipi per interno prevalgono le esecuzioni con isolamento in resina fusa; però, per impianti a media tensione, si mantengono i riduttori a secco con isolamento in porcellana, mentre, per i riduttori di tensione, persistono i tipi con riempimento in olio. Per le alte tensioni si sono affermati tipi sia induttivi sia capacitivi. *Tt.*

R. Aftalion — Ricerche relative alla resistenza meccanica degli avvolgimenti di trasformatori di grande potenza soggetti a corti circuiti ripetuti. (Rev. Gen. Elec., gennaio 1960, pag. 3 a 17, con 23 fig.). **39 b**

L'A. fa riferimento alle prescrizioni francesi della UTE che considerano la resistenza a 3 corti circuiti netti su ciascuna colonna di un trasformatore osservando che tale ipotesi non è sufficiente e come sia necessario premunirsi contro la possibilità del ripetersi di numerosi corti circuiti. Vengono dapprima richiamate nozioni generali sui fenomeni relativi agli sforzi di origine elettrodinamica che possano svilupparsi negli avvolgimenti dei trasformatori, considerando separatamente gli sforzi radiali e gli sforzi assiali. Riguardo ai primi

bisognerebbe adottare certe particolarità costruttive che sono però contrarie alle considerazioni dipendenti dai fattori dielettrici e termici. Una analisi viene pure svolta circa gli sforzi assiali e le loro possibili ripercussioni su gli avvolgimenti e i loro ancoraggi. In proposito sono state eseguite serie di esperienze su un trasformatore da 20 000 kVA, 63/16,5 kV. L'A. riporta dettagliate notizie sulle particolarità costruttive di tale trasformatore appositamente studiato per resistere agli sforzi elettrodinamici. Vengono descritti i dispositivi sperimentali usati i quali permettevano di eseguire prove con corti circuiti netti. I risultati ottenuti vengono riportati e discussi e ne vengono dedotte direttive per il calcolo e la costruzione dei trasformatori. In particolare l'A. mette in rilievo la necessità di stabilizzare e precomprimere assialmente gli avvolgimenti, anche se ciò porta un gravame economico nella costruzione del trasformatore. Osservando certe precauzioni nel calcolo e nella tecnologia della costruzione è possibile costruire trasformatori di serie capaci di sopportare corti circuiti ripetuti purché il serraggio resti sufficiente su gli avvolgimenti. *N.*

T. Boduroglu — Influenza dell'altezza sulla sovraccaricabilità termica locale e media della superficie degli avvolgimenti nei trasformatori refrigerati ad aria, con ricerche su modelli. (E.u.M., 15 giugno 1960, pag. 277 a 287, con 21 fig. e 4 tab.). **39 b**

Nel presente articolo viene trattata, per mezzo di prove su modelli, la sovraccaricabilità termica della superficie esterna di avvolgimenti cilindrici di trasformatori refrigerati ad aria. Viene descritto l'apparato sperimentale, ed in particolare per simulare gli avvolgimenti vengono usati anelli di metallo riscaldati che permettono di misurare la temperatura sulla loro superficie. I valori locali del calore asportato per convezione per unità di superficie dell'avvolgimento cilindrico verticale variano in funzione dell'altezza e di coefficienti che dipendono dalla temperatura. Con l'attrezzatura a disposizione sono state osservate due discontinuità dell'asportazione del calore lungo l'altezza, una a 0,57 m e l'altra a 0,77 m. Fra queste due altezze l'asportazione di calore per unità di superficie mantiene un valore quasi costante. La circolazione laminare si estende talvolta fino all'altezza di 0,77 m. Dopo la seconda discontinuità l'asportazione di calore resta costantemente invariata. Viene ricavata infine la dipendenza del coefficiente di trasmissione del calore medio dalla radice quarta dell'altezza del cilindro. *A.C.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE

C. Hamdi-Sepen — Su una possibilità di aumentare la potenza limite trasmissibile da una linea di trasporto di energia. (Rev. Gen. Elec., ottobre 1959, pag. 605 a 607, con 4 fig.). **40 a**

Come è noto la potenza trasmissibile su una linea è praticamente limitata dalle considerazioni relative al regime perturbato cioè dal grado di stabilità dinamica; per una data rete il limite di stabilità dinamica dipende dalla natura e dalla località del difetto, e viene stabilito in base alle condizioni più sfavorevoli che possono presentarsi in esercizio. L'A. ricorda i mezzi classici per aumentare il limite di stabilità e cioè l'impiego della richiusura rapida o quello dei condensatori in serie sulla linea. Ricordando poi che per mantenere la stabilità di una macchina sincrona occorre mantenere entro certi limiti lo scarto angolare δ fra la tensione alla estremità della linea e la forza elettromotrice della linea, illustra un procedimento per aumentare il limite di stabilità dinamico basato sul concetto di liberare l'avvolgimento induttore rispetto al rotore della macchina motrice in modo da poter mantenere entro limiti ammissibili l'angolo suddetto. Dimostra come tale effetto possa essere ottenuto con qualche artificio costruttivo del rotore. I vantaggi di tale sistema sarebbero i seguenti: possibilità di un aumento molto notevole delle potenze trasmissibili sulle reti; tutta la trasmissione viene ad essere realizzata in condizioni economicamente migliori; non è più indispensabile l'eliminazione rapida dei difetti potendo mantenere il funzionamento anche con un difetto permanente; possibilità di eliminare le perturbazioni mediante shuntaggio dell'arco di guasto; possibilità di trasmettere la potenza totale senza interruzione restando l'alternatore connesso alla rete. *N.*

K. Meyer — Prove di disinserzione nelle reti dell'Europa Occidentale. (E.T.Z. (B), 13 giugno 1960, pag. 297 a 299).

Nel 1951 fu costituita la UCPTE - Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité - che comprende le industrie elettriche di otto Paesi dell'Europa Occidentale, Belgio, Germania Occ., Francia, Italia, Lussemburgo, Olanda, Austria e Svizzera. Scopo di essa è la ricerca delle possibilità di utilizzazione dei mezzi di produzione e di trasporto dell'energia elettrica, con riguardo ad eventuali scambi. Nell'esercizio di reti interconnesse, si presentano problemi tecnici ed economici, che richiedono particolare studio per la loro soluzione. Nel maggio 1957 furono fatte prove di interruzione nella rete europea così costituita, allo scopo di determinare il coefficiente di potenza K delle diverse reti: è noto che con la predetta denominazione si intende il rapporto della variazione ΔP di potenza (nella generazione o nel consumo) e della conseguente variazione di frequenza Δf , in un dato istante. Esso viene espresso in MW/Hz. Se si riferiscono le variazioni di potenza e di frequenza alla potenza nominale delle macchine P_N o alla frequenza nominale f_N , si ottiene la cosiddetta « statica »: $(\Delta f : f_N) / (\Delta P : P_N) \cdot 100 = S$. Da quanto sopra si rileva che le variazioni di frequenza risultano piccole, se la « statica » del regolatore è piccola e la potenza delle macchine che alimentano la rete, è grande. Nel 1958-59 furono proseguite altre ricerche in questo settore, sulle quali riferisce l'A., con la partecipazione di cinque Paesi. Nelle misure effettuate si poterono anche chiarire diverse relazioni tra numero di macchine inserite, carico della rete e coefficiente di potenza, come prima definito, cioè « statica » del regolatore. *Tt.*

La produzione dell'energia reattiva per mezzo di condensatori sulle reti di distribuzione. (Bull. Soc. Franç. Elec., novembre 1959, pag. 686 a 704).

In una serie di brevi note particolari viene esaminato questo problema sotto i vari punti di vista. P. Gaussens espone le direttive generali, mettendo in evidenza le variabili che devono essere tenute presenti per lo studio della installazione di batterie di condensatori sulle reti di distribuzione; sono anche esposte considerazioni di carattere economico confrontando fra loro vari tipi di batterie di condensatori e sviluppando calcoli e diagrammi utili per casi pratici di applicazione; conclude esponendo alcune direttive fondamentali per la risoluzione più conveniente in un certo numero di casi tipici. M. Hennebert tratta della realizzazione pratica di una cabina di condensatori con particolare riguardo alla apparecchiatura necessaria, mentre J. Grattery si occupa della disposizione e della protezione dei condensatori da installare, secondo la disposizione generale della cabina, illustrando le disposizioni adottate da varie Case costruttrici; circa i dispositivi di protezione vengono riportate le prescrizioni della E.d.F. e le corrispondenti realizzazioni dei vari costruttori. A. Blampain si occupa della costruzione delle batterie prefabbricate per reti a bassa tensione, secondo la normalizzazione adottata dalla E.d.F. Si tratta di cabine da palo contenenti i condensatori; gli organi di comando, di collegamento e di protezione cioè un relè voltmetrico, un contattore comandato dal relè, un relè amperometrico che provoca l'apertura del contattore in caso di corto circuito. G. Socan descrive le cassette per comando automatico delle batterie di condensatori, accuratamente protette per installazione all'aperto, illustrando le particolarità costruttive dell'involucro e della apparecchiatura contenuta.

P. Troller — Pianificazione razionale a lungo termine di reti di distribuzione urbane in vista dell'aumento futuro del consumo di energia. (A.S.E., 4 giugno 1960, pag. 569 a 570).

L'A. parte dalla previsione di un raddoppio del consumo di energia elettrica per i prossimi 10 anni e perciò con una quadruplicazione del carico delle reti nei prossimi 20 anni. In seguito è previsto solo un aumento lineare e più avanti ancora a un aumento regressivo. Poichè gli impianti si rinnovano in media ogni 20 o 25 anni, risulta giustificato compilare un programma di pianificazione per soli 20 anni. L'A. esamina i criteri per una scelta economica e razionale dei diversi valori di tensione da adottare nella distribuzione e applica le sue deduzioni al caso di trasformazione di reti per adeguarle al programma di pianificazione considerato. Vengono poi analizzate le potenze di corto circuito e vengono indicati i mezzi per affrontarle. Vengono infine esposti pro-

getti comparativi per quattro diverse città. In complesso dallo studio risulta l'opportunità di ampliare le reti urbane con gradini di tensione di 110 e 10 kV, senza rete intermedia a 20 o 30 kV, adottando stazioni di trasformazione assai semplici 110/10 kV. Criterio fondamentale è quello di portare le linee a 110 kV quanto più possibile vicine ai baricentri di carico. *Tt.*

TRAZIONE E PROPULSIONE

R. Lundberg — Il comando a distanza delle cabine di conversione delle Ferrovie dello Stato svedesi. (Asea, 1959, n. 12, pag. 174 a 179, con 7 fig.).

Per l'alimentazione delle linee di trazione svedesi a 16 ²/₃ p/s monofasi sono usati convertitori ruotanti installati in cabine telecomandate. Per evitare eccessive complicazioni generalmente non più di 3 cabine sono telecomandate da un medesimo punto. Sono in uso diversi sistemi di telecomandi: nei casi in cui la distanza non supera circa 4 km e quando si può installare un cavo a più conduttori, si usa il comando diretto; quando le distanze sono maggiori si usa un sistema a impulsi utilizzando un paio di fili degli esistenti cavi telefonici. Nelle cabine sulle linee uscenti a 16 kV sono installati interruttori a richiusura rapida che restano bloccati in apertura dopo 3 richiusure non riuscite; i gruppi convertitori sono da 2 400 - 4 000 - 10 000 kVA. I gruppi possono essere avviati in modo completamente automatico. Nel caso di disponibilità di un cavo a più conduttori il sistema di telecomando adottato utilizza relè polarizzati; il sistema richiede un filo per ogni elemento da comandare e un unico filo di ritorno comune per tutti i comandi; il sistema è protetto contro corti circuiti o rottura del conduttore. Nel caso del comando a impulsi su 2 fili telefonici si utilizza un'apparecchiatura ad audiofrequenza con impulsi di frequenza fra 420 e 3 120 p/s, con 22 canali complessivi su ogni paio di fili. La stessa coppia dei fili usati per gli impulsi di comando viene utilizzata anche per l'arresto completo della cabina, che si determina cambiando la polarità. Il più recente sistema di telecomando adottato è del tipo a codice di impulsi costituito da impulsi brevi e lunghi diversamente raggruppati come qualità e numero; il sistema è più rapido dei precedenti e più semplice di costruzione e di funzionamento. Le cabine telecomandate sono anche provviste di dispositivi di telemisura con trasmissione ad audio frequenza e sistema a frequenza di impulsi. L'A. fornisce notizie su questi impianti di telecomando e telemisura e espone anche qualche considerazione di carattere economico relativamente alla convenienza dell'impiego delle cabine telecomandate. *N.*

H. Elmlund - C. G. Wikman — Protezione di distanza per linee di contatto monofasi per ferrovie elettrificate. (Asea, 1960, n. 1-2, pag. 17 a 21, con 8 fig.).

Le esigenze per la protezione di linee di contatto per ferrovie elettrificate differiscono sotto parecchi aspetti da quelle riguardanti la protezione di linee trifasi di trasmissione di energia. Nelle reti di distribuzione a 20 kV si adottano spesso protezioni a sovracorrente il cui intervento in certe condizioni può richiedere qualche secondo. Nella trazione si richiede una rapidità molto maggiore specialmente con l'uso di pantografi di carbone; in caso di un guasto in cui la corrente del difetto passi dalla linea di contatto al pantografo vi è il rischio di bruciatura della linea quando il prodotto dell'intensità della corrente per il tempo di durata supera 1 000 As. L'intensità della corrente in linea varia entro limiti molto vasti secondo il movimento dei treni. Spesso la lunghezza dei feeders è grande e la protezione è resa difficile perchè la corrente in caso di guasto alla estremità di una lunga sezione può essere minore della corrente massima di carico. Per la protezione delle linee di contatto si sono usati per lungo tempo sistemi di protezione basati sull'uso di relè sensibili a rapide variazioni della corrente e di interruttori provvisti di scatto per sovracorrente. Coll'ampliarsi e complicarsi delle reti di trazione si è manifestata la necessità di protezioni più selettive. Le ferrovie svedesi hanno introdotto una protezione di distanza la quale realizza una caratteristica temporale di selezione a due gradini. Elementi essenziali sono: un relè di misura il quale misura simultaneamente la impedenza e il senso della direzione; e un relè di avviamento che è sensibile a improvvise variazioni dell'intensità di corrente. L'A. descrive le costruzioni e le caratteristiche di

questo relè e illustra poi il funzionamento del sistema di protezione nel suo complesso. L'esperienza raccolta da qualche anno con circa 50 di tali dispositivi è stata molto soddisfacente riducendo notevolmente il numero di scatti di interruttori rispetto a quelli che si verificavano con le precedenti protezioni meno selettive. N.

W. Holfert - W. Wendt — **Condizioni di corrente e tensione di schemi bifasi per raddrizzatori con spianamento finale e con carico a forza contro-elettromotrice, con particolare riguardo all'impiego su locomotori con raddrizzatori.** (Elektrie, giugno 1960, pag. 195 a 205, con 15 fig.). 41 e

Gli AA. riconducono lo schema equivalente completo dei circuiti di un locomotore a raddrizzatori, con schema a punto medio o a ponte, a quello semplificato con un trasformatore ideale per raddrizzatore e con induttanze nel circuito anodico. In base ad esso, vengono esaminate le condizioni di corrente e tensione dallo schema del raddrizzatore nello spianamento finale. A questo scopo vengono introdotti la variabile indipendente K e il parametro η nonché tutte le grandezze, che interessano, come angolo d'accensione, angolo di commutazione, ondulosità in dipendenza delle variabili. Il fattore K è un valore di carico, che connette diverse grandezze, di cui si deve tener conto nel progetto, mentre η è il cosiddetto rapporto di spianamento. Tutti i calcoli vengono indicati, senza tener conto delle resistenze ohmiche e della caduta di tensione alla valvola nella direzione del passaggio di corrente; soltanto nel calcolo della caratteristica di tensione queste grandezze vengono approssimativamente considerate. Successivamente viene esaminato il campo della corrente continua mancante e viene indicato per quale carico si ha l'inizio della corrente mancante. Da prove eseguite è risultato che le relazioni dedotte sono del tutto sufficienti per le esigenze della pratica, e che gli elementi trascurati non influiscono sensibilmente sui risultati. Tt.

W. Holfert - W. Wendt — **Sul progetto e il calcolo di bobine di spianamento per locomotori con raddrizzatori.** (Elektrie, giugno 1960, pag. 206 a 210, con 7 fig.). 41 e

Gli AA., trascurando la dispersione, deducono equazioni, che, per date dimensioni del nucleo, consentono di determinare il traferro « optimum » delle bobine considerate. L'induttanza corrispondente ad una data corrente continua determina le dimensioni della bobina non in modo univoco, di guisa che è possibile fissare queste grandezze alla condizione che sia minimo l'impiego di materiale per la bobina. Per una sezione del nucleo a forma di U-U, vengono determinati i dati caratteristici della bobina e viene calcolata l'induttanza di dispersione. In linea di principio, queste ricerche possono servire anche per il progetto di induttanze in derivazione per motivi di trazione. Tt.

A. Goldwanow — **Sullo schema di raddrizzatori a semi-conduttori per locomotori a raddrizzatori.** (Elektrie, giugno 1960, pag. 211 a 214, con 4 fig.). 41 e

In seguito ai progressi realizzati nella costruzione di raddrizzatori al germanio e al silicio, è stato possibile estendere il loro impiego anche ai locomotori. In tal modo è possibile, oltre che sfruttare i vantaggi offerti da tali raddrizzatori, adottare schemi più razionali per i raddrizzatori, di guisa che si possono ridurre le dimensioni del trasformatore principale ed ottenere minori perdite. L'A. tratta delle questioni connesse con queste caratteristiche. Invero la scelta di un dato schema pone diverse esigenze tecniche da un complesso di raddrizzatori a semi-conduttori ed influenza la costruzione dell'equipaggiamento elettrico nonché il fattore energetico; essa è determinata dal rendimento e dalla possibilità di un raffreddamento intensivo del raddrizzatore. Innanzi tutto viene esaminato il rendimento di un raddrizzatore ad alimentazione monofase e cioè lo schema a punto medio e a ponte soltanto, senza tener conto delle perdite nel trasformatore e del consumo proprio del dispositivo. Nei raddrizzatori a vapore di mercurio, il primo schema dà un rendimento superiore a quello del secondo, mentre il contrario avviene per i raddrizzatori a semi-conduttori. Ma si presentano alcuni inconvenienti, per eliminare i quali occorre servirsi di altri schemi, di cui due vengono illustrati nell'articolo. La scelta dello schema più adatto è strettamente connessa col tipo e coi dati di esercizio dei raddrizzatori usati. Conviene ad ogni

modo adottare uno schema parallelo-serie per le singole bobine dell'avvolgimento secondario del trasformatore per la segnalazione della tensione del raddrizzatore. Chiude lo studio un esempio numerico. Tt.

J. K. Gessler — **Il locomotore elettrogiroscopico.** (J.I.E.E. Londra, maggio 1960, pag. 283 a 286, con 4 fig.). 41 v

È un locomotore elettrico, senza batteria e senza linea di contatto, che utilizza l'energia accumulata in un volano per azionare i trattori su brevi distanze, nelle miniere di carbone. Il volano, di 1,60 m di diametro, è fabbricato in acciaio al nichel-cromo-molibdeno; il suo peso è di 1 500 kg. Solidale col volano è il rotore del motore asincrono di lancio; il tutto è racchiuso in un'armatura di fusione, a tenuta d'aria, completamente chiusa e montata sul locomotore con l'asse verticale. I conduttori del rotore sono cavi per la circolazione dell'idrogeno di raffreddamento; durante la carica del volano il rotore deve disperdere molto calore, ciò allo scopo di ridurre al minimo il tempo necessario per portare il volano a regime. Questo può accumulare 18 kWh d'energia, sotto forma cinetica, e può cederne 12 in servizio. Due volani equipaggiano un locomotore, e non danno effetti giroscopici nocivi al moto. Il locomotore porta due batterie di condensatori, esse assicurano l'eccitazione del generatore asincrono durante il percorso libero; un compressore completa il locomotore per dare l'aria compressa ai freni, esso però funziona solo quando il locomotore è fermo per la carica del volano. La corrente prodotta dal generatore asincrono è in anticipo sulla tensione; regolando la capacità inserita ed il numero dei poli del generatore si può variare la velocità del veicolo da 6,5 a 20 km/ora, per diverse cariche dei volani. La presenza dell'idrogeno attorno al volano riduce di tanto la resistenza d'attrito che esso impiega da 11 a 12 ore per fermarsi spontaneamente. Il rendimento del locomotore in sé è del 64 %; se però si tiene conto delle perdite durante ogni ricarica del volano allora il rendimento complessivo scende al 40 %. Le stazioni di ricarica sono distanziate di 1,3 km, che vengono percorsi in 10÷20 min; il locomotore può però rimanere fermo anche per un'ora, senza perdere molto dell'energia cinetica accumulata nei volani. I.L.

VARIE

C. MacKechnie Jarvis — **Una pila elettrica primordiale?** (J.I.E.E. Londra, giugno 1960, pag. 356 e 357, con 1 figura). 42

Poco prima della seconda guerra mondiale, venne scoperto a Bagdad un vasetto d'argilla, alto 15 cm, contenente un tubo di rame del diametro di 26 mm, lungo 9 cm, rivestito all'interno d'asfalto. Una bacchetta di ferro era disposta lungo l'asse, trattenuta da un collarino di asfalto, sporgeva dall'alto di 1 cm. La bacchetta appariva fortemente ossidata ed isolata dal fondo del tubo di rame da uno spessore di 3 mm d'asfalto. Molte congetture ha sollevato tale scoperta, tenuto conto che l'origine dell'oggetto viene fatta risalire a 2500 anni A.C. Già nel 1937 esistevano al Museo di Berlino 10 esemplari di vasetti, giudicati assimilabili a pile elettriche, dei quali però non si conosce l'uso esatto nell'antichità e la cui diffusione appariva poco pronunciata. Sembra infatti che solo gli Assiri ed i Babilonesi abbiano posseduto il segreto dell'uso di tale oggetto e che gli Egiziani non ne avessero affatto notizia. I.L.

L'interessamento dei Soci per l'AEI si dimostra colla puntualità nel pagamento della quota alle Sezioni. L'art. 16 dello Statuto stabilisce che la quota deve essere versata entro il 31 Marzo di ogni anno.